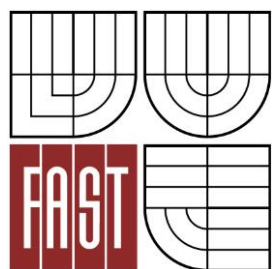




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VÍCEPDLAŽNÍ BUDOVA

MULTI-STOREY BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

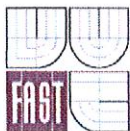
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ STAVROVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Jiří Stavrovský

Název Vícepodlažní budova

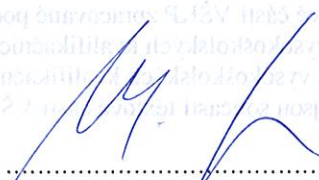
Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Sýkora

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2013

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT



Podklady a literatura

1. Prostorové uspořádání.
2. ČSN EN 1993 (73141), Navrhování ocelových konstrukcí.
3. Literatura podle doporučení vedoucího bakalářské práce.
4. Odborné publikace v časopisech a sbornících, které se vztahují k řešené problematice, podle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Vypracujte návrh nosné ocelové konstrukce vícepodlažních garáží v souladu s prostorovým uspořádáním objektu o délce cca 80 m, šířce cca 40 m a výšce cca 18 m.
Konstrukci navrhnete pro oblast Brno.

Předepsané přílohy:

1. Technická zpráva obsahující základní charakteristiky navržené konstrukce, požadavky na materiál, spojovací prostředky, montáž a ochranu.
2. Statický výpočet hlavních nosných prvků a částí konstrukce.
3. Výkresová dokumentace obsahující zejména dispoziční výkres, výkres vybraných konstrukčních dílců, charakteristické detaily podle pokynů vedoucího bakalářské práce.
4. Orientační výkaz spotřeby materiálu.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


Ing. Karel Sýkora
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce vícepodlažních garáží. Jedná se o šestipodlažní ocelovou konstrukci obdélníkového půdorysu o rozměrech 35,2 x 83,2 metrů a výšce 18,5 metrů. Statický výpočet je řešen kombinací ručního výpočtu a výpočtu pomocí programu Scia engineer. Ve statickém výpočtu jsou navrženy a posouzeny hlavní nosné konstrukční prvky jako: vazník, vaznice, ztužidla, sloupy, spřažený nosník, spoje, patka a kotvení. Součástí práce je výkresová dokumentace.

Klíčová slova

nosná ocelová konstrukce, vícepodlažní budova, garáže, spřažený nosník, sloup, vazník, vaznice, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, vnitřní síly, zatížení, statický výpočet

Abstract

This thesis deals with design of steel structure multi-storey garage. It is the six-storey steel structure of rectangular plan with dimensions of 35,2 x 83,2 m and a height of 18,5 meters. The structure is designed for the site Brno. Static calculation is solved by a combination of manual calculation and calculation using software Scia engineer. There are the following main load bearing structural elements designed and examined in the structural analysis: truss, purlin, bracing, column, composite beam, joints, foot and anchoring. Thesis includes drawing documentation

Keywords

steel construction, multi-storey building, garage, composite beam, column, truss, purlin, the ultimate limit state, serviceability limit state, the internal forces, loads, structural analysis

...

Bibliografická citace VŠKP

Jiří Stavrovský *Vícepodlažní budova*. Brno, 2014. 109 s., 14 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Karel Sýkora.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28.5.2014



.....
podpis autora
Jiří Stavrovský

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28.5.2014

.....


podpis autora
Jiří Stavrovský

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Karlu Sýkorovi, za odborné vedení, poskytnuté rady a zejména vstřícné jednání při konzultacích.

Abecední seznam použitých zkratk - latinka velká písmena

A	průřezová plocha, plocha
A_0	plocha otvorů v betonové desce
A_c	plocha tlačného betonu u spřažení
A_d	moment od nárazu vozidla v mimořádné kombinaci
A_{eff}	efektivní smyková plocha
A_{HEB180}	plocha profilu HEB180
A_{HEB200}	plocha profilu HEB200
A_{HEB240}	plocha profilu HEB240
A_i	plocha ideálního průřezu
A_{IPE160}	plocha profilu 160
A_{net}	oslabená plocha
A_{nt}	oslabená plocha při působení tahu
A_{nv}	oslabená plocha při působení smyku
A_{ref}	referenční plocha
A_s	plocha jádra šroubu
A_s	plocha ocelového profilu u spřažení
A_v	plocha stojiny
A_v	smyková plocha
A_z	plocha smykové zarážky
C_1	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_2	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_3	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,0}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,1}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_{dur}	součinitel směru větru
$C_{e(z)}$	součinitel expozice
$C_{o(z)}$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel vnějšího aerodynamického tlaku
$C_{r(z)}$	součinitel drsnosti
C_{sason}	součinitel ročního období
C_t	součinitel teploty
D	šířka hlavy spřahovacího trnu
E	modul pružnosti v tahu a tlaku oceli
E_a	modul pružnosti oceli
E_{cm}	modul pružnosti betonu
F	síla
F_k	charakteristická hodnota soustředné síly
F_k	přídavná tlaková síla od větru do sloupu
F_t	síla v tahu
$F_{v,Ed}$	návrhová smyková síla pro jeden střih spojovacího prostředku
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost pro jeden střih jednoho spojovacího prostředku
$F_{v,TR}$	síla od tření větru
G	modul pružnosti ve smyku
G	hmotnost
H_d	síla od nárazu vozidla
I_a	moment setrvačnosti ocelového průřezu u spřažení
I_i	moment setrvačnosti ideálního průřezu
I_t	moment setrvačnosti v kroucení

$I_{v(z)}$	intenzita turbulence
I_w	výsečový moment setrvačnosti
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
$I_{y,1}$	moment setrvačnosti stěnového ztužidla
$I_{y,2}$	moment setrvačnosti stěnového ztužidla
$I_{y,HEB180}$	moment setrvačnosti profilu HEB180
$I_{y,HEB200}$	moment setrvačnosti profilu HEB200
$I_{y,HEB240}$	moment setrvačnosti profilu HEB240
$I_{y,IPE1600}$	moment setrvačnosti profilu IPE160
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
I_z	moment setrvačnosti střešního ztužidla
L	rozpětí, délka
L_{cr}	kritická vzpěrná délka
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose z
L_{eff}	efektivní délka
M	ohybový moment
$M_{b,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu při klopení
M_{cr}	pružný kritický moment při klopení
M_d	návrhový moment
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
$M_{Ed,m}$	návrhový moment od montážního zatížení
$M_{g,k}$	charakteristická hodnota momentu od stálého zatížení
M_k	charakteristická hodnota momentu
$M_{q,k}$	charakteristická hodnota momentu od nahodilého zatížení
$M_{q,k,1}$	charakteristická hodnota momentu od zatížení sáním větru
$M_{q,k,2}$	charakteristická hodnota momentu od zatížení tlakem větru
$M_{q,k,S}$	charakteristická hodnota momentu od zatížení sněhem
$M_{q,k,F}$	charakteristická hodnota momentu od soustředného nahodilého zatížení
M_{Rd}	návrhová únosnost v ohybu
$M_{Rk,y}$	charakteristická hodnota momentu k ose y
$M_{Rk,z}$	charakteristická hodnota momentu k ose z
$M_{y,Ed}$	návrhový ohybový moment kolmo k ose y
$M_{z,Ed}$	návrhový ohybový moment kolmo k ose z
N	osová síla
N	počet spřahovacích trnů
$N_{b,Rd}$	návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prutu
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
$N_{Ed,1}$	návrhová hodnota síly působící na jeden šroub
$N_{Ed,min}$	minimální návrhová hodnota normálové síly
$N_{pl,Rd}$	návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu
N_{Rk}	charakteristická únosnost v tlaku/tahu
P_{Rd}	návrhová únosnost spřahovacího trnu
P_{Rd}'	redukovaná únosnost spřahovacího trnu
P_{Rk}	charakteristická únosnost spřahovacího trnu
R	reakce
R_A	reakce
R_B	reakce
S_i	Statický moment plochy ideálního průřezu
V	posouvající síla

$V_{b,Rd}$	smyková pevnost při boulení
V_e	podélná smyková síla
V_{Ed}	návrhová smyková (posouvající) síla
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
$W_{el,y}$	elastický průřezový modul k ose y
$W_{el,z}$	elastický průřezový modul k ose z
$W_{pl,y}$	plastický průřezový modul k ose y
$W_{pl,z}$	plastický průřezový modul k ose z
$W_{c,N}$	průřezový modul ke spodním vláknům trap. plechu v normální poloze
$W_{t,N}$	průřezový modul k horním vláknům trap. plechu v normální poloze
$W_{c,R}$	průřezový modul ke spodním vláknům trap. plechu v reverzní poloze
$W_{t,R}$	průřezový modul k horním vláknům trap. plechu v reverzní poloze
$W_{eff,N}$	efektivní průřezový modul v normální poloze
$W_{eff,R}$	efektivní průřezový modul v reverzní poloze
ZS	zatěžovací šířka
ZS_n	zatěžovací stav, kde n je číslo zatěžovacího stavu

Abecední seznam použitých zkratk - latinka malá písmena

a	šířka patního plechu
a	vzdálenost
a	účinná výška svaru
a_1	rozteč rovnoběžně s vlákny mezi spojovacími prostředky v jedné řadě
a_2	rozteč kolmo k vláknům mezi řadami spojovacích prostředků
a_3	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a nezatíženým koncem
a_c	šířka patky
b	délka patního plechu
b	šířka průřezu
b	šířka pásnice
b_2	šířka
b_c	délka patky
b_d	výška betonové desky
b_{eff}	spolupůsobící šířka
$b_{eff,1}$	spolupůsobící šířka na stranu nosíku od osy nosníku
$b_{eff,2}$	spolupůsobící šířka na stranu nosníku od osy nosníku
c	zvětšení plochy průřezu na efektivní plochu u patního plechu
c_{fd}	součinitel tření
c_i	těžiště ideálního průřezu
c_g	těžiště průřezu
c_{g1}	vzdálenost těžiště od okraje
c_{g2}	vzdálenost těžiště od okraje
d	průměr
d	výška rovné části stojiny
d_0	průměr otvoru
e	excentricita
e1	vzdálenost osy šroubů od okraje čelní desky
e2	vzdálenost osy šroubů od okraje čelní desky
f_{bv}	smyková pevnost při boulení
f_{cd}	návrhová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku

f_{jd}	návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku
$f_{Rd,u}$	návrhová pevnost betonu v soustředném tlaku
f_u	mez pevnosti oceli
f_{ub}	mez
f_y	mez kluzu oceli
$f_{y,red}$	redukována mez kluzu oceli
$g_{k,n}$	spojité zatížení od vlastní tíhy, kde n značí typ zatížení
$g_{k,n}$	spojité nahodilé zatížení, kde n značí typ zatížení
h	výška prvku
h	výška průřezu
h_0	výška hlavice spřahovacího trnu
h_c	výška patky
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
$k_{c,y}$	součinitel vzpěrnosti
$k_{c,z}$	součinitel vzpěrnosti
k_I	součinitel turbulence
k_r	redukční součinitel
k_r	součinitel terénu
k_t	součinitel redukce u únosnosti spřahovacích trnů
k_w	součinitel vzpěrné délky
k_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
k_y	součinitel vzpěrné délky
k_{yy}	součinitel interakce
k_{yz}	součinitel interakce
k_z	součinitel vzpěrné délky
k_{zy}	součinitel interakce
k_{zz}	součinitel interakce
l	rozpětí
l	účinná délka svaru
l_{eff}	účinná délka
n	počet prvků
n	počet stříhových rovin
n	pracovní součinitel u výpočtu ideálního průřezu
q	spojité zatížení u mezního stavu použitelnosti
q_b	zaklaní dynamicky tlak větru
q_{ed}	návrhová hodnota spojitěho zatížení
$q_{k,m,1}$	charakteristická hodnota spojitěho montážního zatížení
$q_{k,m,2}$	charakteristická hodnota spojitěho montážního zatížení soustředného
$q_{p(z)}$	maximální dynamicky tlak
$q_{k,tr}$	charakteristická hodnota spojitěho zatížení od tření větru
r_l	poloměr zaoblání pásnice
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem
t	tloušťka
t_f	tloušťka pásnice
t_p	tloušťka patního plechu
t_w	tloušťka stojiny
v	výška podlaží
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru
v_b	základní rychlost větru

V_m	charakteristická střední rychlost větru
w	průhyb
$w_{k,d,ztuž}$	charakteristická hodnota spojitého zatížení od tlaku větru na ztužidlo
$w_{k,d,ztuž}$	charakteristická hodnota spojitého zatížení od sání větru na ztužidlo
$w_{k,t}$	charakteristická hodnota zatížení tlakem větru
$w_{k,s}$	charakteristická hodnota zatížení sáním větru
$w_{k,n}$	tlak větru, kde n značí typ zatížení
w_y	průhyb ve směru y
w_z	průhyb ve směru z
x	výška tlačené betonové části spřažené desky
z_0	parametr drsnosti terénu
z	výška nad terénem
z_a	souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu
z_g	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
z_{min}	minimální výška
z_s	souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

Abecední seznam použitých zkratk - alfabeta malá písmena

α	sklon, uhel
α_y	součinitel imperfekce k ose y
α_z	součinitel imperfekce k ose z
α_{LT}	součinitel imperfekce pro klopení
α_s	poměr mezi momentem v polovině rozpětí a koncovým momentem
β	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
γ_c	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro beton
γ_M	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M0}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu (při posuzování stability prutů)
γ_{M2}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu (spoje, oslabený průřez)
δ	průhyb nosníku nebo deformace nosníků
δ_{xx}	deformace nosníku, kde xx značí číslo nosníku
δ_{lim}	limitní průhyb nosníku nebo deformace nosníků
δ_r	dynamické součinitel
δ_s	celková deformace stěnového ztužidla
δ_v	celková deformace střešního ztužidla
ε	součinitel závisející na f_y
ζ_g	bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
γ_b	tíha betonu, betonového potěru
ζ_j	bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu
κ_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
λ	štíhlost
λ_{rel}	poměrná štíhlost
$\lambda_{LT,rel}$	poměrná štíhlost při klopení
$\lambda_{y,rel}$	poměrná štíhlost k ose y
$\lambda_{z,rel}$	poměrná štíhlost k ose z
λ_w	poměrná štíhlost stojiny
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
μ	tvarový součinitel zatížení sněhem
π	Ludolfovo číslo

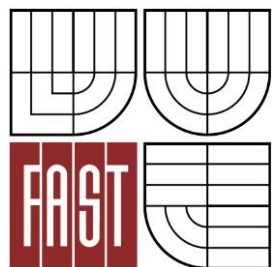
ρ	měrná hmotnost vzduchu
ρ	redukční součinitel
σ_{Ed}	normálové napětí
σ_I	normálové napětí kolmé na účinnou plochu svaru
σ_{II}	normálové napětí rovnoběžné s osou svaru
τ_I	smykové napětí kolmé na osu svaru
τ_{II}	smykové napětí rovnoběžné s osou svaru
φ	pootočení
φ_{xx}	pootočení, kde xx značí číslo nosníku nebo uzlu
φ_y	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose y
φ_z	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z
φ_{LT}	hodnota pro výpočet součinitele klopení
χ	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru
χ_{LT}	součinitel klopení
χ_y	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose y
χ_z	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z
ψ_0	součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
ψ_1	součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Obsah bakalářské práce:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet
3. Výkresová dokumentace
4. Orientační výkaz spotřeby materiálu



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

1. TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ STAVROVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014

Obsah:

1. Zadání práce	3
2. Geometrie konstrukce	3
3. Konstrukční řešení.....	3
4. Zatížení.....	3
5. Střešní konstrukce	3
6. Stropní konstrukce.....	4
7. Sloupy.....	4
8. Kotvení sloupů	4
9. Svislá ztužidla	5
10. Vodorovná ztužidla	5
11. Opláštění.....	5
12. Materiál	5
13. Ochrana proti korozi.....	5
14. Požární ochrana	5
15. Popis výpočetního řešení konstrukce	6
16. Montáž konstrukce	6
17. Seznam použitých zdrojů	6

1. Zadání práce

Předmětem bakalářské práce je návrh ocelových vícepodlažních garáží pro parkování osobních automobilů do 30 kN. Půdorysné rozměry jsou navrženy 35,2 m x 83,2 m, výška konstrukce je 18,5 metrů. Budova je navržena v lokalitě Brno.

2. Geometrie konstrukce

Vnější rozměry budovy jsou 35,2 m x 83,2 metrů. Dispoziční řešení je dáno velikostí parkovacích míst a modulovou sítí, kde modulové osy A-G jsou ve vzdálenosti 5,6 a 6,4 metrů. Mezi modulovými osami 1-17 jsou vzdálenosti 5,2 metrů.

Konstrukční výška jednotlivých podlaží je 3,0 metrů. Výška celé budovy je 18,5 metrů.

Vjezd do dalších pater budovy je zřízen pomocí poloramp o sklonu 13,42 %. Dále je objekt osazen čtyřmi výtahy a schodišti.

3. Konstrukční řešení

Budova je navržena jako ocelová konstrukce. Vodorovné prvky střechy jsou navrženy ze systému vazníku a vaznic. Stropní konstrukce je navržena jako spřažená ocelbetonová deska. Konstrukční systém je navržen ze vzájemně kloubově připojených prvků. Prostorové ztužení objektu je navrženo pomocí příhradových ztužidel ve střešní rovině a příhradových stěnových ztužidel. Ocelbetonová spřažená deska plní funkci vodorovného ztužidla v úrovni jednotlivých podlaží.

4. Zatížení

Stálá zatížení tvoří vlastní tíha konstrukce a tíha skladeb podlahy a opláštění. Nahodilá zatížení jsou uvažována zatížení sněhem, větrem, osamělými břemeny a vozidly. Mimořádná zatížení tvoří nárazy vozidel do sloupů.

5. Střešní konstrukce

Konstrukce střechy je navržena z pozinkovaného trapézového plechu VSŽ 12 003, který tvoří nosný střešní plášť. Plech je podepřen po 1,28 nebo 1,12 metrech soustavou vaznic a vazníků.

Vaznice profilu IPE160 jsou zapuštěny a kloubově připojeny k vazníku pomocí čelní desky. Čelní deska z úpalku úhelníku je přivařená k vaznici a pomocí šroubů připojena k vazníku. Vaznice jsou délky 5,2 metrů a 1,28 nebo 1,12 metrů osově vzdálené.

Vazníky profilu IPE300 v příčném směru vynášejí vaznice. Vazníky jsou kloubově připojeny ke sloupům pomocí čelní desky, kterou tvoří úpalek z úhelníku přivařený k vazníku a přišroubovaný pomocí šroubů ke sloupům. Délky vazníků jsou 6,4 nebo 5,6 metrů.

6. Stropní konstrukce

Konstrukce stropů je navržena jako spřažená ocelbetonová deska ve dvou směrech, spřažení je provedeno se stropnicemi i průvlaky.

Průvlaky profilu IPE 270, které jsou délky 6,4 nebo 5,6 metrů jsou kloubově připojeny ke sloupům pomocí čelní desky podobně jako u vazníku. Průvlaky jsou spřaženy s betonovou deskou.

Stropnice profilu IPE270 jsou zapuštěny a kloubově připojeny na průvlaky podobným způsobem jako vaznice. Stropnice délky 5,2 metrů jsou ve směru kolmém na průvlaky také spřaženy z betonovou deskou.

Spřažení je navrženo jako plné, pomocí spřahování trnů přivařených svarovým límečkem k pásnici stropnic a průvlaků. Bednění pro betonovou desku je provedeno z trapézového plechu VSŽ 11 003.

Železobetonová spřažená deska bude vyztužena dvěma svařovanými KARI sítěmi z oceli B500B průměru 8 mm. Výška desky nad vlnou je 60mm.

Skladba podlahy navržena z betonového potěru tl. 30 mm a tenkovrstvého nátěru a pečtní vrstvy na bázi epoxidových pryskyřic.

7. Sloupy

Sloupy jsou navrženy z profilů HEB výšky 3. Každý sloup je po 9 metrech výšky budovy odstupňován na menší profil. Stykování je provedené pomocí čelní desky a šroubů.

Sloupy jsou navrženy tři odlišné profily podle intenzity zatížení. Sloupy profilu HEB 180 jsou navrženy po obvodu budovy a po 9 metrech směrem k patce odstupňovány na větší profil HEB 200. Ostatní sloupy i sloupy ztužidla jsou navrženy HEB 240 s odstupňováním směrem k střešní rovině na HEB 200. Sloup, které nejsou součástí ztužidla nebudou vzhledem k menší intenzitě zatížení posouzeny.

8. Kotvení sloupů

Kotvení sloupů je navrženo pomocí patního plechu tl. 20 mm připojené ke sloupům ovařením po obvodě svarem účinné výšky 5 mm. Svar je navržen konstrukčně. Podlití patky je navrženo tl. 50 mm.

Vzhledem k velké posouvající síle je ve sloupech, které jsou součástí ztužidla navržena smyková zarážka z profilu HEM 120, zasahující 65 mm do patky. V ostatních případech přenesení posouvající síly tření na rozhraní patní plech – betonová deska.

Patní plech je kotven j patce pomocí dvou předem zabetonovaných patních šroubů M20, šrouby jsou konstrukční.

Betonová patka z betonu C25/30 má rozměry 1,0 x1,0 metrů a hloubku 0,9 metrů.

9. Svislá ztužidla

Svislé ztužení je navrženo pomocí příhradových ztužidel tvořených dvěma profily L 120x120x12 připojených pomocí styčnickového plechu tl. 12 mm přivařeného ke sloupům a průvlakům. Diagonála je kloubově připojena ke styčnickovému plechu pomocí čtyř šroubů M24.

V podélném i příčném směru jsou navržena čtyři ztužidla. Diagonály ztužidla jsou navržena pro tahovou sílu, pro tlak se počítá z vybočením.

10. Vodorovná ztužidla

Vodorovné střešní ztužidlo je navrženo jako příhradové z diagonál profilů L 55x55x5 připojených podobně jako svislé ztužidlo k vazníku. V podélném i příčném směru navržena dvě ztužidla.

Vodorovné ztužení v úrovních podlaží zajišťuje betonový spřažená deska.

11. Opláštění

Opláštění budovy je z trapézových plechů TR15/280 tloušťky 1,0 mm, lakovaný barva šedobéžová RAL 1000. Prosvětlení bude realizováno pomocí prosvětlovacích polykarbonátových desek. Plech i desky budou přikotveny pomocí tenkostěnných paždíků průřezů Σ 145 S tl. 1,5 mm. Paždíky budou vruty připojeny ke sloupům.

Detailnější řešení není předmětem bakalářské práce.

12. Materiál

Materiál pro celou ocelovou konstrukci je navržen stejný, ocel S235 J0. Spojovací materiál je jakosti 5.6 a 8.8. Beton pro spřaženou desku C25/30.

13. Ochrana proti korozi

K ochraně ocelové konstrukce před vnějšími vlivy je navržen reaktivní nátěr Plamostop P9 [19], který zároveň zvyšuje požární ochranu ocelové konstrukce. Spojovací prostředky jsou od výroby pozinkovány, trapézové plechy také.

14. Požární ochrana

Budova je navržena v souladu s ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb, nevýrobní objekty. Budova se dělí na samostatné požární úseky dělené betonovou deskou, která tvoří vodorovnou dělící stěnu.

Konstrukce schodiště tvoří samostatnou chráněnou únikovou cestu, které jsou od ostatních prostor odděleny jako samostatné požární úseky. Nejvzdálenější bod k chráněné únikové cestě nepřekročí 45,0 metrů.

Ke zvýšení požární ochrany je navrženo použití reaktivního nátěru Plamostop P9. [19]

15. Popis výpočetního řešení konstrukce

Statický výpočet konstrukce bylo provedeno pomocí ručního výpočtu a programu SCIA Engineer. Posouzení MSÚ a MSP bylo provedeno v souladu s platnými normami ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí a ČSN EN 1994 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí.

16. Montáž konstrukce

Jako první bude provedeno osazení sloupů na betonové patky a jejich zavětrování provizorními montážními ztužidly nebo pomocným lešením. Dále budou na sloupy osazeny průvlaky a stropnice. Následně se provede stěnové příhradové ztužidlo. Obdobným způsobem budou provedena další podlaží.

Kladení trapézového plechu a betonáž bude prováděna postupně od spodních podlaží. Stropnice i průvlaky musí být před betonáží podepřeny spojitým lešením.

17. Seznam použitých zdrojů

[1] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

[2] ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí

[3] ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

[4] ČSN EN 1994 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí

[5] ČSN 01 3483 Výkresy kovových konstrukcí

[6] KARMAZÍNOVÁ, Marcela a Milan PILGR. *Ocelové konstrukce vícepodlažních budov: pomůcka pro cvičení*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 134 s. ISBN 80-214-2570-9.

[7] ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb, nevýrobní objekty.

[8] Ověřování metodou dílčích součinitelů. ŠKOLENÍ ČKAIT: EUROKÓDY. *Fakulta stavební - VŠB-TUO* [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: fast10.vsb.cz/kolos/file/Nexis/Kombinace_zatizeni.ppt

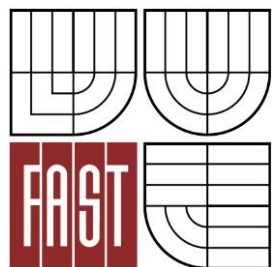
[9] Ocelářské tabulky - Profil IPE160. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.statictools.eu/profil_IPN.php?profil=IPN+160&act=zobraz&lang=CS&je=0

- [10] Ocelářské tabulky - Profil IPE300. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_IPE.php?profil=IPE300&act=zobraz&lang=CS&je=0
- [11] Ocelářské tabulky - Profil IPE200. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_IPE.php?profil=IPE200&act=zobraz&lang=CS&je=0
- [12] Ocelářské tabulky - Profil IPE270. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_IPE.php?profil=IPE270&act=zobraz&lang=CS&je=0
- [13] Ocelářské tabulky - Profil HE200B. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_HEB.php?profil=HE200B&act=zobraz&lang=CS&je=0
- [14] Ocelářské tabulky - Profil HE240B. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_HEB.php?profil=HE240B&act=zobraz&lang=CS&je=0
- [15] Ocelářské tabulky - Profil HE180B. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_HEB.php?profil=HE180B&act=zobraz&lang=CS&je=0
- [16] Ocelářské tabulky - Profil L 55x55x5. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_Le.php?profil=L+55x55x5&act=zobraz&lang=CS&je=0
- [17] Ocelářské tabulky - Profil L 120x120x12. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_Le.php?profil=L+120x120x12&act=zobraz&lang=CS&je=0
- [18] Ocelářské tabulky - Profil HE120M. *Ocelářské tabulky* [online]. 2008 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.staticstools.eu/profil_HEM.php?profil=HE120M&act=zobraz&lang=CS&je=0

[19] Protipožární nátěr na ocel: Plamostop P9 na ocel. *Prodej protipožárních nátěrů* | IZOSTAV Ing. Josef Hruban [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.izostav.cz/cz/produkty/plamostop-p9-na-ocel/>



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

2. STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ STAVROVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014

Obsah:

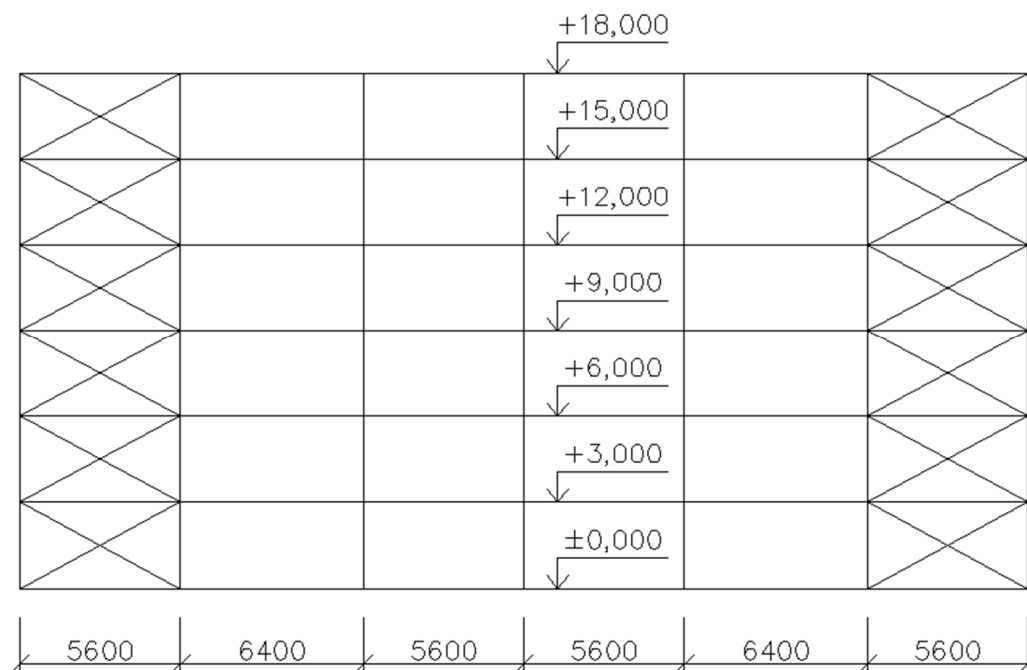
1. Geometrie konstrukce	5
2. Výpočtový model	6
3. Materiál	6
4. Zatížení	6
4.1. Klimatická zatížení	6
4.1.1. Zatížení sněhem	7
4.1.2. Zatížení větrem	7
4.1.2.1. Zatížení větrem na střechnu	7
4.1.2.2. Zatížení větrem na stěny	8
5. Kombinace	9
6. Střešní plášť	9
6.1. Skladba	9
6.2. Geometrie	9
6.3. Výpočtový model	9
6.4. Zatížení	10
6.5. Kombinace a vnitřní síly	10
6.6. Průřezové a materiálové charakteristiky	10
6.7. Posouzení MSÚ posouzení na ohyb	11
6.8. Posouzení MSÚ posouzení na posouvající sílu	11
6.9. Posouzení MSÚ posouzení kombinace momentu a posouvající síly	12
6.10. Posouzení MSP průhyb	12
7. Vaznice	13
7.1. Geometrie	13
7.2. Výpočtový model	13
7.3. Zatížení	14
7.4. Kombinace a vnitřní síly	14
7.5. Průřezové a materiálové charakteristiky	16
7.6. MSÚ ohyb s klopením	16
7.7. MSÚ posouzení na svislý průhyb	17
8. Vazník	18
8.1. Geometrie	18
8.2. Výpočtový model	18
8.3. Zatížení	19
8.4. Kombinace a vnitřní síly	19
8.5. Průřezové a materiálové charakteristiky	22
8.6. MSÚ ohyb s klopením	22
8.7. MSP svislý průhyb	23
9. Spřažená stropnice	24
9.1. Geometrie	24
9.2. Výpočtový model	25
9.3. Zatížení	25
9.4. Kombinace a vnitřní síly	26
9.5. Průřezové a materiálové charakteristiky	28
9.6. MSÚ	28
9.7. Posouzení stropnice v montážním stavu	30
9.8. Posouzení plechu v montážním stavu	31

9.9. MSP svislý průhyb	32
10. Spřažený průvlak	33
10.1. Geometrie	33
10.2. Výpočtový model	34
10.3. Zatížení	35
10.4. Kombinace a vnitřní síly	35
10.5. Průřezové a materiálové charakteristiky	36
10.6. MSÚ	39
10.7. MSP svislý průhyb	39
11. Sloupy	40
11.1. Geometrie	40
11.2. Výpočtový model	40
11.3. Zatížení	41
11.4. Kombinace a vnitřní síly	42
11.5. Sloup 1 (součást ztužidla)	46
11.5.1. Průřezové a materiálové charakteristiky	46
11.5.2. MSÚ vzpěrný tlak	47
11.6. Sloup 2 (krajní sloup)	54
11.5.1. Průřezové a materiálové charakteristiky	54
11.5.2. MSÚ tlak s ohybem	54
11.7. Sloup 3 (krajní sloup)	60
11.5.1. Průřezové a materiálové charakteristiky	60
11.5.2. MSÚ tlak s ohybem	60
12. Střešní ztužidlo	64
12.1. Geometrie	64
12.2. Výpočtový model	64
12.3. Zatížení	64
12.4. Kombinace a vnitřní síly	65
12.5. Materiálové a průřezové charakteristiky	66
12.6. MSÚ diagonály tah	66
13. Stěnové ztužidlo	67
13.1. Geometrie	67
13.2. Výpočtový model	67
13.3. Zatížení	67
13.4. Kombinace a vnitřní síly	68
13.5. Materiálové a průřezové charakteristiky	69
13.6. MSÚ diagonály tah	69
14. Kotvení sloupů	70
14.1. Geometrie	70
14.2. Výpočtový model	71
14.3. MSÚ posouzení tlak rozhraní patka-plech	71
14.4. MSÚ posouvající síla, smyková zarážka	72
15. MSP sloupů, ztužidla a konstrukce jako celku	74
15.1. Geometrie	74
15.2. Výpočtový model	74
15.3. Zatížení a kombinace	74
15.4. Průřezové charakteristiky	75
15.5. Výpočet deformací	76
15.6. Posouzení	78

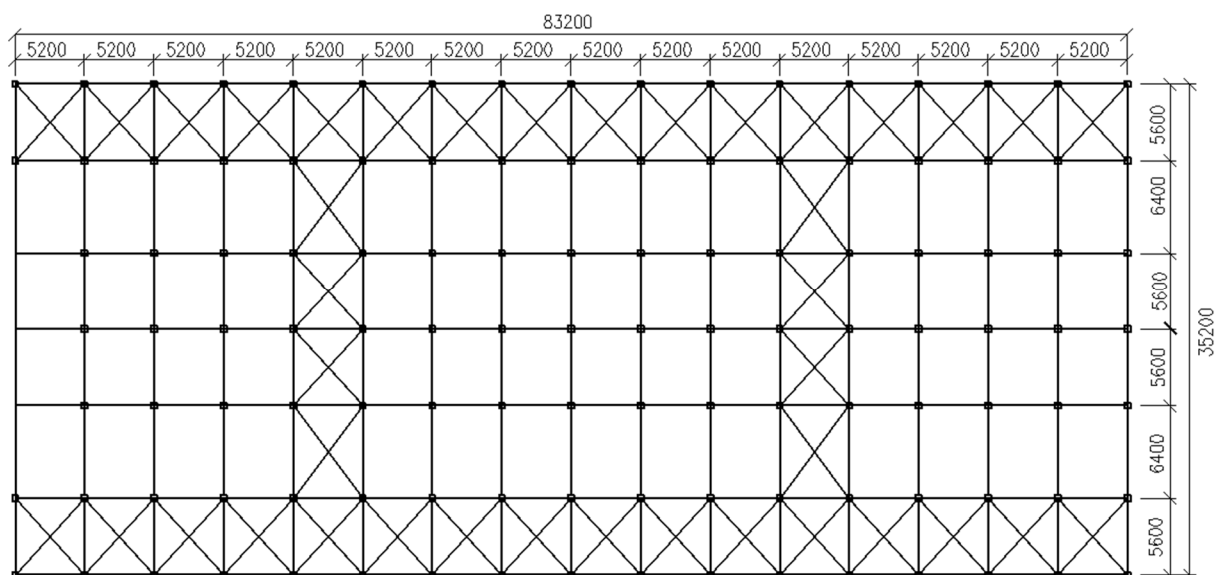
16. Přípoj vaznice na vazník	79
16.1. Geometrie	79
16.2. Zatížení	79
16.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	79
16.4. Posouzení šroubů	79
16.5. Posouzení svaru	80
16.6. Posouzení čelní desky	80
17. Přípoj vazníku na sloup	82
17.1. Geometrie	82
17.2. Zatížení	82
17.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	82
17.4. Posouzení šroubů	83
17.5. Posouzení svaru	83
17.6. Posouzení čelní desky	84
18. Přípoj stropnice na průvlak	86
18.1. Geometrie	86
18.2. Zatížení	86
18.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	86
18.4. Posouzení šroubů	86
18.5. Posouzení svaru	87
18.6. Posouzení čelní desky	87
19. Přípoj průvlak na sloup	89
19.1. Geometrie	89
19.2. Zatížení	89
19.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	89
19.4. Posouzení šroubů	90
19.5. Posouzení svaru	90
19.6. Posouzení čelní desky	91
20. Přípoj diagonály střešního ztužidla k vazníku	92
20.1. Geometrie	92
20.2. Zatížení	92
20.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	92
20.4. Posouzení šroubů	93
20.5. Posouzení svaru	93
20.6. Vytržení skupiny šroubů	94
20.7. Posouzení oslabeného průřezu v tahu	94
21. Přípoj diagonály stěnového ztužidla k průvlaku	95
21.1. Geometrie	95
21.2. Zatížení	95
21.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	95
21.4. Posouzení šroubů	96
21.5. Posouzení svaru	96
21.6. Vytržení skupiny šroubů	97
21.7. Posouzení oslabeného průřezu v tahu	97

1. Geometrie konstrukce

Příčný řez



Půdorys:



Výška konstrukce:	H=18,5 m
Šířka konstrukce:	35,2 m
Délka konstrukce:	83,2 m
Počet podlaží:	6
Konstrukční výška podlaží:	3,0 m
Vzdálenost příčných vazeb:	5,2 m
Vzdálenost podélných vazeb:	6,4 m a 5,6 m
Vzdálenost vaznic:	1,28 m

Více viz. samostatný výkres dispozice

2. Výpočtový model

Základní nosný systém se skládá ze systému kyvných vazeb. Prostorová tuhost je zajištěna příhradovými ztužidly v obou směrech.

Sloupy jsou uvažovány jako kyvné stojky.

Průvlaky a vazníky jsou uvažovány jako prosté nosníky v obou směrech kloubově připojeny na sloupy.

Vaznice a stropnice uvažovány jako prosté nosníky kloubově připojeny k vazníku, průvlaku.

3. Materiál

Střešní plášť:

Ocelový trapézový plech VSŽ 12 003 $f_{yk} = 200 \text{ MPa}$

Materiál sloupů, vaznic, vazníků, ztužidel, průvlaků, stropnic a ztužidel:

Ocel S235 $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$ $E = 210 \text{ GPa}$

Materiál spřažené betonové desky:

Beton C25/20 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$

Trapézový ocelový plech VSŽ 11 002 $f_{yk} = 200 \text{ MPa}$

4. Zatížení

4.1. Zatížení klimatická

4.1.1. Zatížení sněhem

Lokalita: Brno.....II. sněhová oblast

Nadm. výška: 272 m. n. m.

Char. hodnota $S_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Normální krajina.....souč. expozice $C_e = 1,0$

souč. tepla $C_t = 1,0$

$$S_k = \mu \cdot C_e \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

4.1.2. Zatížení větrem

lokalita Brno - II. větrová oblast

sklon střechy – 3° => plochá střecha

kategorie terénu - II. krajina s nízkou vegetací

výchozí základní rychlost větru: $V_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

součinitel ročního období: $C_{season} = 1,0$

součinitel směru větru: $C_{dur} = 1,0$

Základní rychlost větru:

$$Vb = C_{dur} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 25,0 \text{ m/s}$$

Kategorie drsnosti terénu II. $z_0 = 0,05$

Výška nad terénem: $z = 18,5 \text{ m}$

Součinitel terénu: $k_r = 0,19 \cdot (z_0/0,05) = 0,190$

Součinitel drsnosti: $C_{r(18,5)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 1,124$

Součinitel orografie: $C_{0(18,5)} = 1,0$

Charakteristická rychlost větru:

$$Vm = C_{r(18,5)} \cdot C_{0(18,5)} \cdot Vb = 1,124 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 28,1 \text{ m/s}$$

Měrná hmotnost vzduchu: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

součinitel turbulence: $k_l = 1$

Intenzita turbulence: $I_{v(z)} = k_l / (C_{0(z)} \cdot \ln(z/z_0)) = 0,169$

Maximální dynamický tlak:

$$q_{p(z)} = (1 + 7 \cdot I_{v(z)}) \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot V_{2m}$$

$$q_{p(18,5)} = (1 + 7 \cdot 0,169) \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 28,1 = 1077,32 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

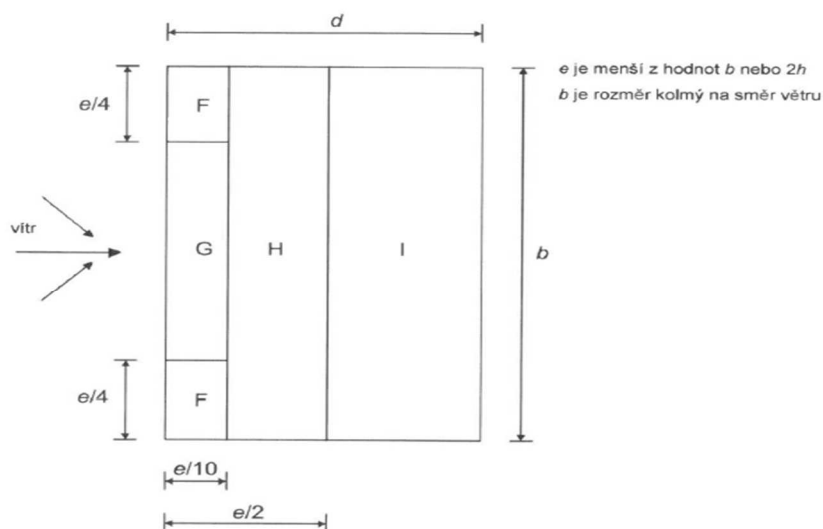
4.1.2.1. Zatížení větrem na střechu

střešní plocha vystavená působení větru > 10 m² => $C_{pe,10}$

plochá střecha sklon

Tlak větru:

Tlak větru působící na vnější povrchy: $w_k = q_{p(z)} \cdot C_{pe,10}$

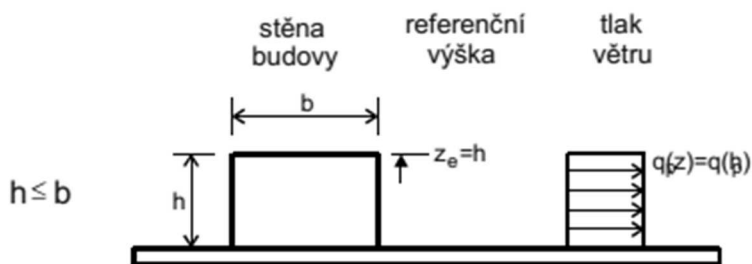


Obrázek 7.6 – Legenda pro ploché střechy

Maximální hodnoty:

$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$		w_k [kN/m ²]	
1,1	F	-1,8	-1,98	SÁNÍ $w_{k,s}$
1,1	I	+0,2	+0,22	TLAK $w_{k,t}$

4.1.2.2. Zatížení větrem na stěny



$$h \leq b \quad 18,5 \leq 35,2$$

Maximální hodnoty:

$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$		w_k [kN/m ²]	
1,1	D	0,74	0,82	TLAK $w_{k,t}$
1,1	E	-0,37	-0,41	SÁNÍ $w_{k,s}$

5. Kombinace

Kombinace pro MSÚ dle:

6.10 (EN 1990 – vzorec 6.10.)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6.11 (EN 1990 – vzorec 6.11.)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \text{ nebo } \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kombinace pro MSP dle:

Charakteristická kombinace:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6. Střešní plášť

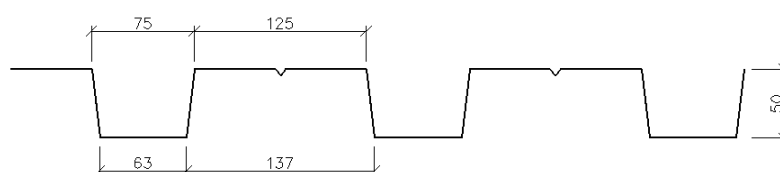
6.1. Skladba

Lehká střecha, trapezový plech VSŽ 12 003, žárově zinkovaný.

6.2. Geometrie

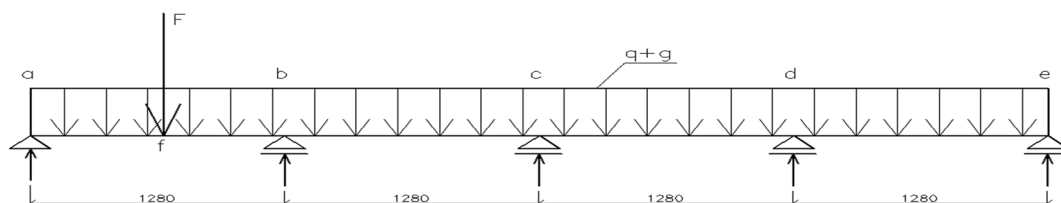
Vzdálenost vaznic: 1280 mm

VSŽ 12 003



6.3. Výpočtový model

Trapezový plech podepřený po 1280 mm vaznicemi.



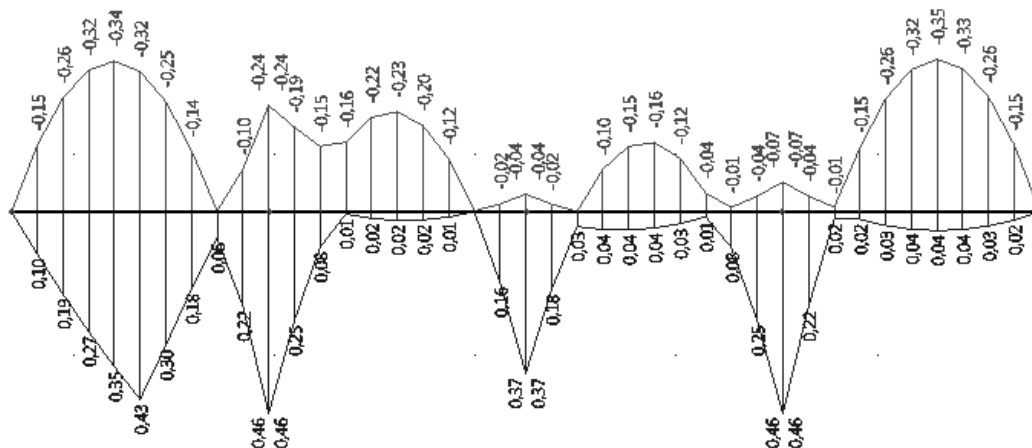
6.4. Zatížení

na 0,1 m šířky plechu

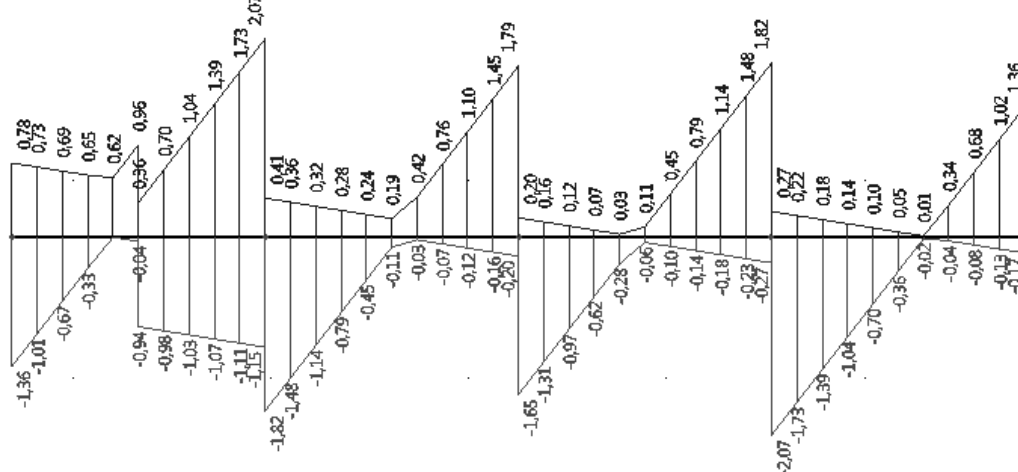
zat. stav	název	zatížení na m ²	zat. šířka	ztížení na 1 mb vaznice
ZS1	vl. tíha plechu	$g_{k,1} = 0,16 \text{ kN/m}^2$	0,1	$g_k = 0,016 \text{ kN/m}$
ZS2	sníh	$s_{k,1} = 0,8 \text{ kN/m}^2$	0,1	$s_k = 0,08 \text{ kN/m}$
ZS3	vítr sání	$w_{k,1} = -1,98 \text{ kN/m}^2$	0,1	$w_{k,1} = -0,198 \text{ kN/m}^2$
ZS4	vítr tlak	$w_{k,1} = 0,22 \text{ kN/m}^2$	0,1	$w_{k,2} = 0,022 \text{ kN/m}^2$
ZS5	soustř. zatížení	$F_k = 1,0 \text{ kN}$	-	$F_k = 0,1 \text{ kN}$

6.5. Kombinace a vnitřní síly

Ohybový moment [kNm]



Posouvající síly [kN]



6.6. Průřezové a materiálové charakteristiky

$$W_{c,N} = W_{t,R} = 38,498 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{t,N} = W_{n,R} = 24,785 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{eff} = \min\{W_{c,N}; W_{t,N}\} \cdot \frac{b}{1000}$$

$$W_{eff} = \min\{38,498 \cdot 10^3; 24,785 \cdot 10^3\} \cdot 0,1 = 2,48 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$f_{yk} = 200 \text{ MPa}$$

6.7. MSÚ posouzení na ohyb

Návrhová únosnost v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,48 \cdot 10^3 \cdot 200}{1,0} \cdot 10^{-6} = 0,50 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd,c}} \leq 1,0 \quad \frac{0,46}{0,5} = 0,92$$

VYHOVÍ

záporný ohybový moment

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd,c}} \leq 1,0 \quad \frac{0,34}{0,50} = 0,68$$

VYHOVÍ

6.8. MSÚ posouzení na posouvající sílu:

$$V_{Ed,max} = \pm 2,17 \text{ kN}$$

Návrhová posouvající síla:

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed,max}}{n} = \frac{\pm 2,17}{1} = \pm 2,17 \text{ kN}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_y}{235}} = \sqrt{\frac{200}{235}} = 1,08$$

Poměrná štíhlost stojiny:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{S_w}{86,4 \cdot \varepsilon \cdot t} = \frac{50,36}{86,4 \cdot 1,08 \cdot 1,3} = 0,42 < 1,4$$

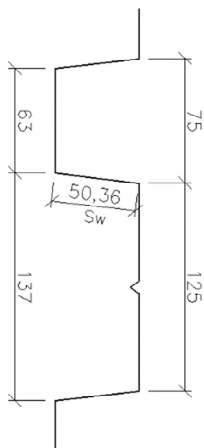
Smyková pevnost při boulení:

$$f_{bv} = \frac{0,48 \cdot f_y}{\bar{\lambda}_w} = \frac{0,48 \cdot 200}{0,42} = 228,57 \text{ MPa}$$

$$V_{b,Rd} = \frac{S_w \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M1}} = \frac{50,36 \cdot 1,03 \cdot 200}{1,0} 10^{-3} = 11,86 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{\pm 2,07}{11,86} = 0,18$$

VYHOVÍ



$$V_{pl,Rd} = \frac{S_w \cdot t \cdot f_y}{\gamma_{M1} \cdot \sqrt{3}} = \frac{50,36 \cdot 1,03 \cdot 200}{1,0 \cdot \sqrt{3}} \cdot 10^{-3} = 5,99 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{\pm 2,07}{5,99} = 0,35$$

VYHOVÍ**6.9. MSÚ posouzení kombinace momentu a posouvající síly:**bod f

$$\left(\frac{M_{Ed,f}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,f}}{V_{pl,Rd}}\right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{0,43}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,96}{5,99}\right)^2 \leq 0,80$$

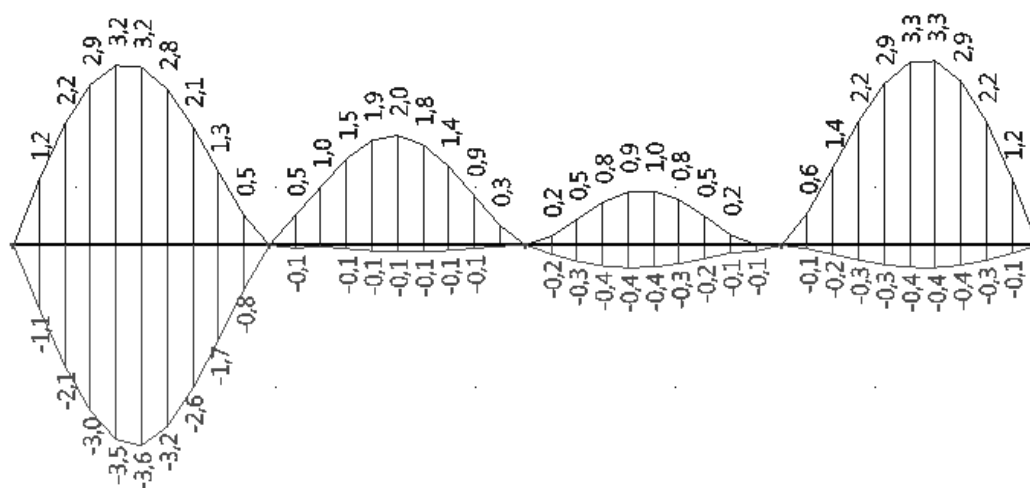
VYHOVÍbod b

$$\left(\frac{M_{Ed,f}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,f}}{V_{pl,Rd}}\right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{0,46}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{2,07}{5,99}\right)^2 \leq 0,97$$

VYHOVÍ**6.10. MSP průhyb:**

Průhyb na prutu [mm]



Limitní hodnota průhybu:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{180} = \frac{1280}{180} = 7,11 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\delta_{lim} = 7,11 \text{ mm} > \delta = 3,6 \text{ mm}$$

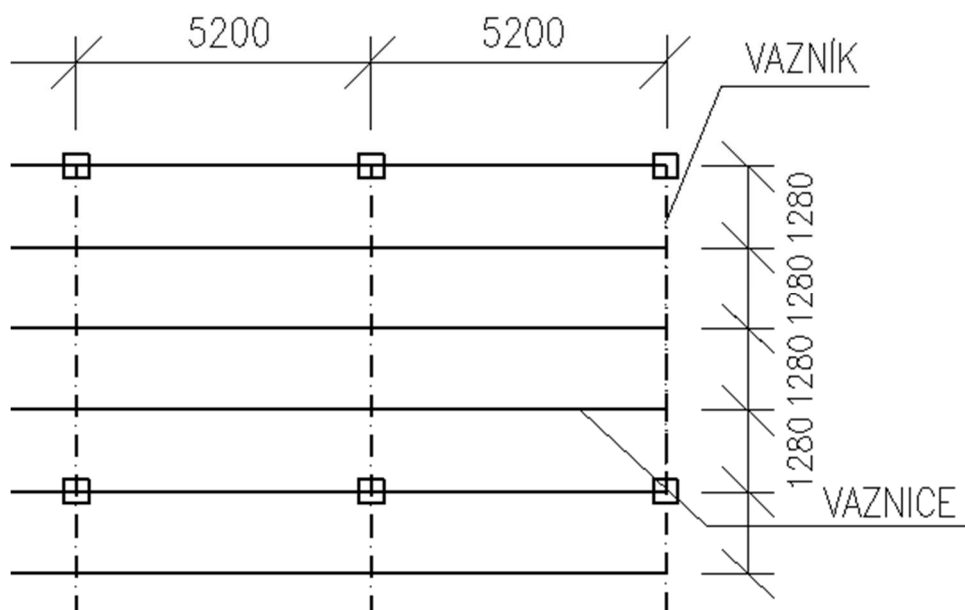
VYHOVÍ

7. Vaznice

7.1. Geometrie

Osová vzdálenost vaznic: 1280 mm

Délka vaznice: 5200 mm

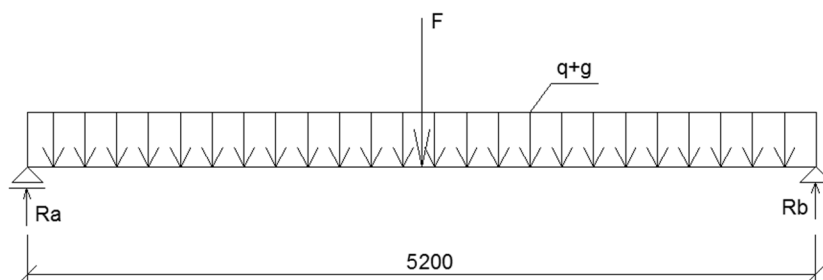


7.2. Výpočtový model

Uvažováno jako prostý nosník podepřený vazníkem.

Zatěžovací šířka: 1280 mm

Kroucení se neuvažuje z důvodu dostatečné tuhosti střešního pláště.



7.3. Zatížení:

zat. stav	název	zatížení na m ²	zat. šířka	ztížení na 1 mb vaznice
ZS1	vl. tíha plechu	$g_{k,1} = 0,16 \text{ kN/m}^2$	1,28	$g_k = 0,21 \text{ kN/m}$
ZS2	sněh	$s_{k,1} = 0,8 \text{ kN/m}^2$	1,28	$s_k = 1,02 \text{ kN/m}$
ZS3	vítr sání	$w_{k,1} = -1,98 \text{ kN/m}^2$	1,28	$w_{k,1} = -2,53 \text{ kN/m}^2$
ZS4	vítr tlak	$w_{k,1} = 0,22 \text{ kN/m}^2$	1,28	$w_{k,2} = 0,28 \text{ kN/m}^2$
ZS5	soustř. zatížení	$F_k = 1,0 \text{ kN}$	-	$F_k = 1,0 \text{ kN}$
ZS6	vl. tíha IPE160	$g_{k,2} = 0,16 \text{ kN/m}$	-	$g_{k,2} = 0,16 \text{ kN/m}$

7.4. Kombinace a vnitřní síly:

Moment a posouvající síla od stálého zatížení:

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \cdot (g_k + g_{k,2}) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,21 + 0,16) \cdot 5,2^2 = 1,25 \text{ kNm}$$

$$V_{g,k} = \frac{1}{2} \cdot (g_k + g_{k,2}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot (0,21 + 0,16) \cdot 5,2 = 0,96 \text{ kNm}$$

Moment a posouvající síla od sání větru:

$$M_{q,k,1} = \frac{1}{8} \cdot (w_{k1}) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (-2,53) \cdot 5,2^2 = -8,55 \text{ kNm}$$

$$V_{q,k,1} = \frac{1}{2} \cdot (w_{k1}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot (-2,53) \cdot 5,2 = -6,58 \text{ kNm}$$

Moment a posouvající síla od tlaku větru:

$$M_{q,k,2} = \frac{1}{8} \cdot (w_{k2}) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,28) \cdot 5,2^2 = 0,95 \text{ kNm}$$

$$V_{q,k,2} = \frac{1}{2} \cdot (w_{k2}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot (0,28) \cdot 5,2 = 0,73 \text{ kNm}$$

Moment a posouvající síla od zatížení sněhem:

$$M_{q,k,S} = \frac{1}{8} \cdot (w_{k1}) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (1,02) \cdot 5,2^2 = 3,45 \text{ kNm}$$

$$V_{q,k,S} = \frac{1}{2} \cdot (w_{k1}) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot (1,02) \cdot 5,2 = 2,65 \text{ kNm}$$

Moment a posouvající síla od soustředného nahodilého zatížení:

$$M_{q,k,F} = \frac{1}{4} \cdot (F_k) \cdot l = \frac{1}{4} \cdot (1,0) \cdot 5,2^2 = 1,3 \text{ kNm}$$

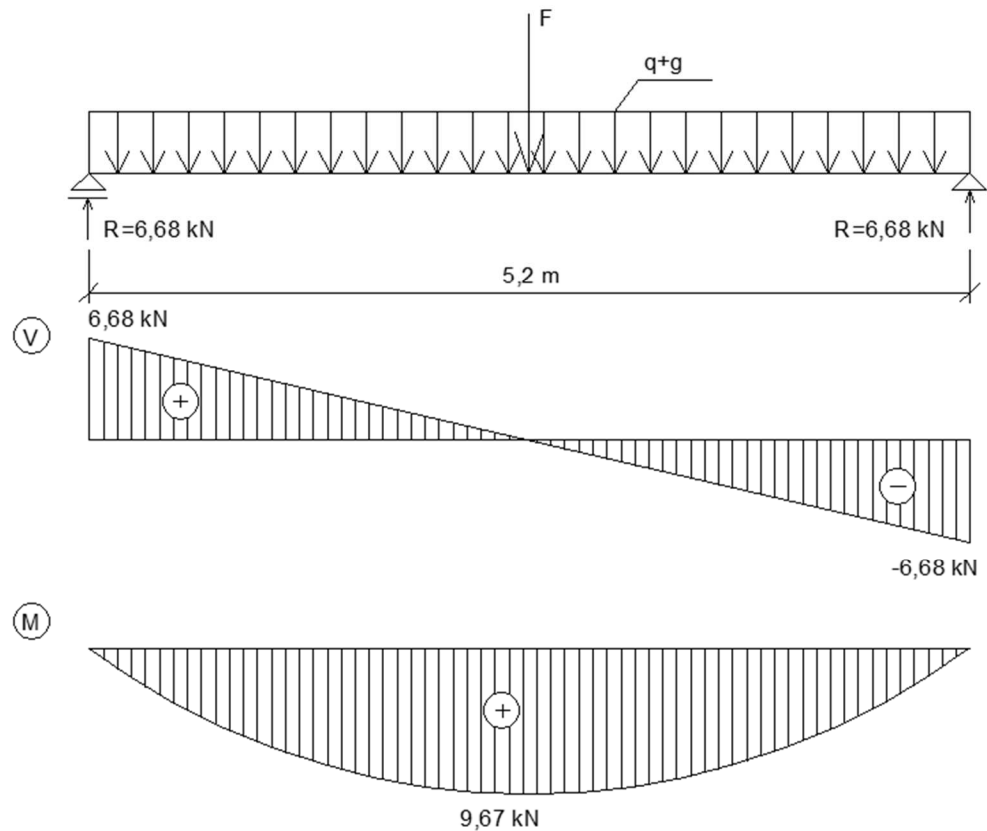
$$V_{q,k,F} = \frac{1}{2} \cdot (F_k) = \frac{1}{2} \cdot (1,0) = 0,5 \text{ kNm}$$

Kombinace vnitřních sil:

Maximální kladný ohybový moment a posouvající síla:

$$1,35 \cdot M_{g,k} + 1,5 \cdot (M_{q,k,S} + \psi_0 \cdot M_{q,k,2}) + 1,5 \cdot M_{q,k,F} = 1,35 \cdot 1,25 + 1,5 \cdot (3,45 + 0,6 \cdot 0,95) + 1,5 \cdot 1,3 = 9,67 \text{ kNm}$$

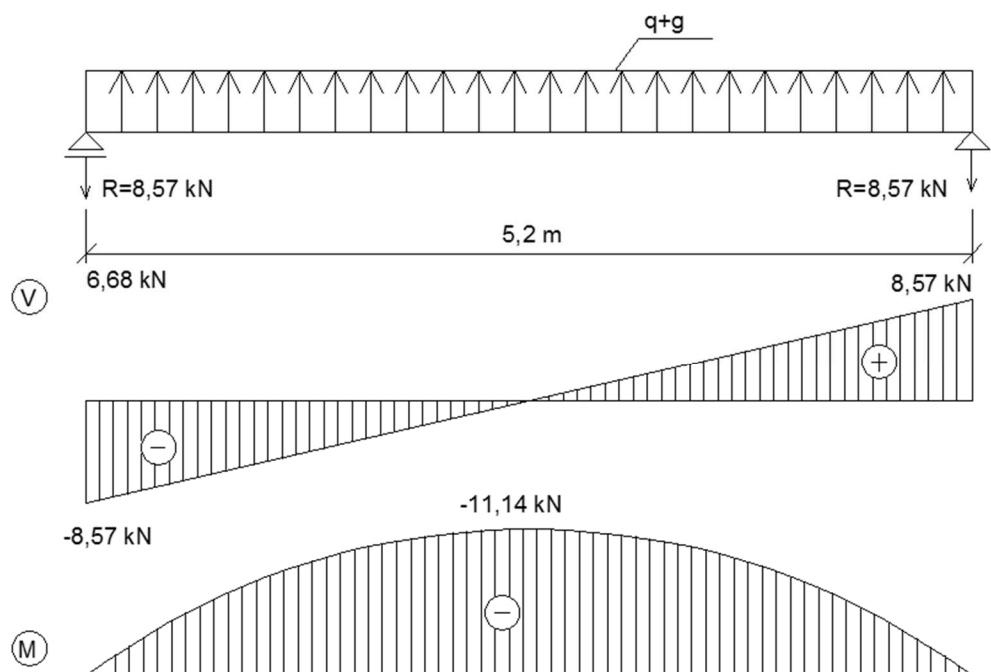
$$1,35 \cdot V_{g,k} + 1,5 \cdot (V_{q,k,S} + \psi_0 \cdot V_{q,k,2}) + 1,5 \cdot V_{q,k,F} = 1,35 \cdot 0,96 + 1,5 \cdot (2,65 + 0,6 \cdot 0,73) + 1,5 \cdot 0,5 = 6,68 \text{ kN}$$



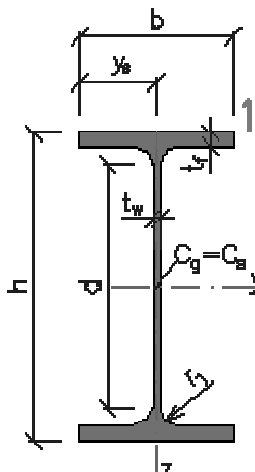
Maximální záporný ohybový moment a posouvající síla:

$$1,35 \cdot M_{g,k} + 1,5 \cdot (M_{q,k,1}) = 1,35 \cdot 1,25 + 1,5 \cdot (-8,55) = -11,14 \text{ kNm}$$

$$1,35 \cdot V_{g,k} + 1,5 \cdot (V_{q,k,2}) + 1,5 \cdot V_{q,k,F} = 1,35 \cdot 0,96 + 1,5 \cdot (-6,58) = -8,57 \text{ kN}$$



7.5. Průřezové a materiálové charakteristiky

IPE160			
Geometrie			
h = 160 mm		Průřezové charakteristiky	
b = 82 mm		Osa y	Osa z
t _f = 7.4 mm		I _y = 8.69E+6 mm ⁴	I _z = 6.83E+5 mm ⁴
t _w = 5 mm		W _{y1} = 1.09E+5 mm ³	W _{z1} = 1.67E+4 mm ³
r ₁ = 9 mm		W _{y,pl} = 1.24E+5 mm ³	W _{z,pl} = 2.61E+4 mm ³
y _s = 41 mm		i _y = 65.8 mm	i _z = 18.4 mm
d = 127.2 mm		S _y = 6.19E+4 mm ³	S _z = 1.30E+4 mm ³
A = 2010 mm ²		Kroucení a klopení	
A _L = 0.62 m ² .m ⁻¹		I _w = 3.96E+9 mm ⁶	I _t = 3.58E+4 mm ⁴
G = 15.8 kg.m ⁻¹		i _w = 20.5 mm	i _{pc} = 68.3 mm

[9]

7.6. MSÚ ohyb s klopením

Parametry klopení:

Souřadnice aplikovaného zatížení: $z_g = z_a - z_s = 80 - 0 = 80 \text{ mm}$

Parametr symetrie:

$$\xi_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 0$$

Parametr aplikovaného zatížení:

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,08}{1 \cdot 5,2} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 683 \cdot 10^{-9}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 0,179$$

Parametr kroucení:

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1 \cdot 5,2} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 3,96 \cdot 10^{-9}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 0,171$$

Součinitelé zatížení a podmínky koncových výztuh:

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 1,13 + (1,13 - 1,13) = 1,13$$

$C_2 = 0,46$ $C_3 = 0,53$ pro kloubové uložení a parabolický průběh momentů bez výztuh bránící klopení

Relativní kritický moment:

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j)^2} - (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j) \right)$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,35}{1} \cdot \left(\sqrt{1 + 0,171^2 + (0,46 \cdot 0,179 - 0,53 \cdot 0)^2} - (0,46 \cdot 0,179 - 0,53 \cdot 0) \right) = 1,06$$

Kritický moment:

$$M_{cr} = \frac{\mu_{cr} \cdot \pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{l}$$

$$M_{cr} = \frac{1,06 \pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 683 \cdot 10^{-9} \cdot 80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}}{5,2} = 24,7 \text{ kNm}$$

Srovnávací štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{124 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{24700}} = 1,09$$

Parametr klopení:

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,09 - 0,2) + 1,09^2] = 1,18$$

Redukční součinitel:

$$x_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 + \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,18 + \sqrt{1,18^2 + 1,09^2}} = 0,605$$

Posouzení:

$$M_{b,Rd} = \frac{x_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,605 \cdot 1 \cdot 1,24 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 17,62 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 17,62 \text{ kNm} > M_{Ed} = 11,14 \text{ kNm}$$

VYHOVÍ

7.7. MSP posouzení na svislý průhyb

Průhyb ve směru z:

$$w_z = \frac{\cos \alpha}{EI_y} \cdot \left(\frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384} + \frac{F \cdot l^3}{48} \right)$$

$$w_z = \frac{\cos 3^\circ}{210 \cdot 10^3 \cdot 8,69 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{5 \cdot 1,56 \cdot 5200^4}{384} + \frac{1000 \cdot 5200^3}{48} \right) = 9,73 \text{ mm}$$

Průhyb ve směru y:

$$w_y = \frac{\sin \alpha}{EI_z} \cdot \left(\frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384} + \frac{F \cdot l^3}{48} \right)$$

$$w_y = \frac{\sin 3^\circ}{210 \cdot 10^3 \cdot 6,83 \cdot 10^5} \cdot \left(\frac{5 \cdot 1,56 \cdot 5200^4}{384} + \frac{1000 \cdot 5200^3}{48} \right)$$

$$= 6,49 \text{ mm}$$

Celkový průhyb:

$$\delta = \sqrt{w_y^2 + w_z^2} = \sqrt{6,49^2 + 9,73^2} = 11,7 \text{ mm}$$

Limitní hodnota průhybu:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{5200}{250} = 20,8 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\delta_{lim} = 20,8 \text{ mm} > \delta = 11,7 \text{ mm}$$

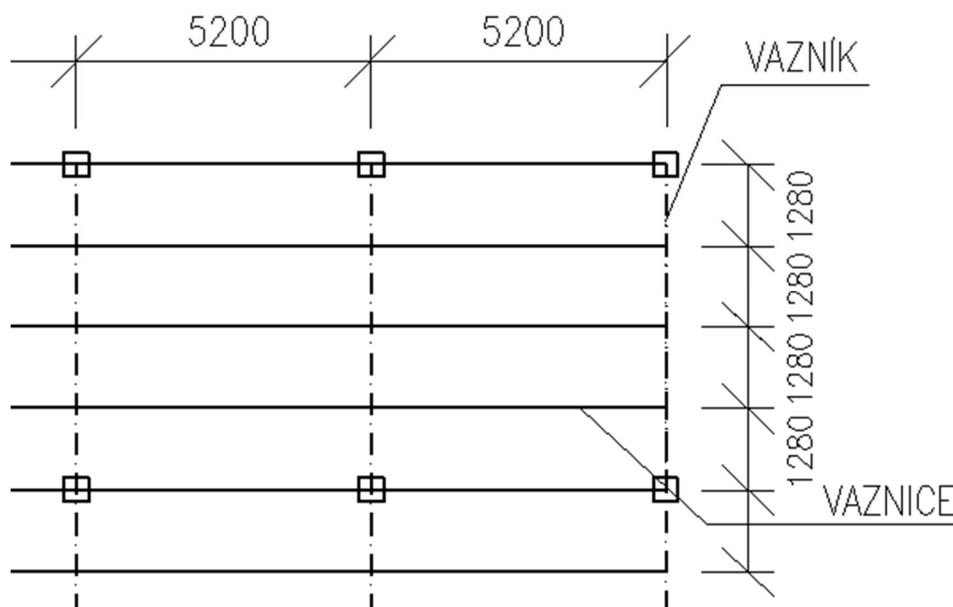
VYHOVÍ

8. Vazník

8.1. Geometrie

Osová vzdálenost vazníků: 5200 mm

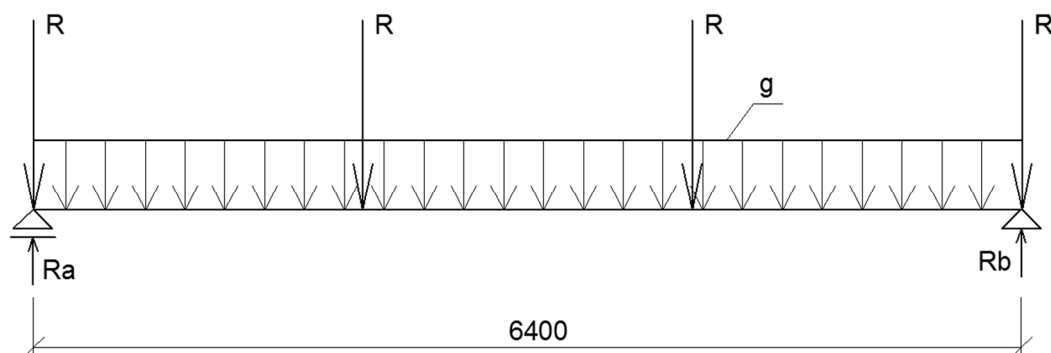
Délka vazníku: 6400 mm



8.2. Výpočtový model

Uvažováno jako prostý nosník délky 6400 (5600) mm podepřený sloupy. Zatížený reakcemi od vaznic a vlastní tíhou.

Zatěžovací šířka: 5200 mm



8.3. Zatížení:

Pro MSÚ:

zat. stav	název	zatížení (charakteristická hodnota)	Zatížení (výpočtová hodnota)
ZS1	reakce od vaznic		$R_{n1} = 13,36 \text{ kN/m}^2$
ZS2	reakce od vaznic		$R_{n,1} = -17,14 \text{ kN/m}^2$
ZS3	vl. tíha IPE300	$g_{k,3} = 0,42 \text{ kN/m}$	$R_{n2} = 0,567 \text{ kN/m}^2$

Pro MSP:

zat. stav	název	zatížení na m^2	zat. šířka	ztížení na 1 mb vazniku
ZS1	vl. tíha plechu	$g_{k,1} = 0,16 \text{ kN/m}^2$	5,2	$g_k = 0,83 \text{ kN/m}$
ZS2	sníh	$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$	5,2	$s_k = 4,16 \text{ kN/m}$
ZS3	vítr sání	$w_{k,1} = -1,98 \text{ kN/m}^2$	5,2	$w_{k,1} = -10,3 \text{ kN/m}^2$
ZS4	vítr tlak	$w_{k,2} = 0,22 \text{ kN/m}^2$	5,2	$w_{k,2} = 1,14 \text{ kN/m}^2$
ZS5	vl. tíha IPE300	$g_{k,3} = 0,42 \text{ kN/m}$	-	$g_{k,3} = 0,42 \text{ kN/m}$
ZS6	vl. tíha IPE140	$g_{k,2} = 0,16 \text{ kN/m}$	5,2	$g_{k,2} = 0,83 \text{ kN/m}$

8.4. Kombinace a vnitřní síly:

Pro MSP:

$$g_{k,1} + g_{k,2} + g_{k,3} + s_k + w_{k,2} = 0,83 + 0,83 + 0,42 + 4,16 + 1,14 = 7,38 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,1} + g_{k,2} + g_{k,3} + w_{k,1} = 0,83 + 0,83 + 0,42 - 10,3 = -10,42 \text{ kN/m}$$

Pro MSÚ:

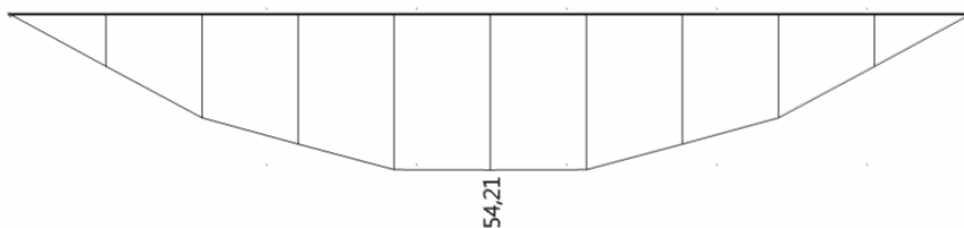
Klíč kombinace:

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO3		ZS1	1,00
		ZS2	1,00
CO4		ZS1	1,00
		ZS3	1,00

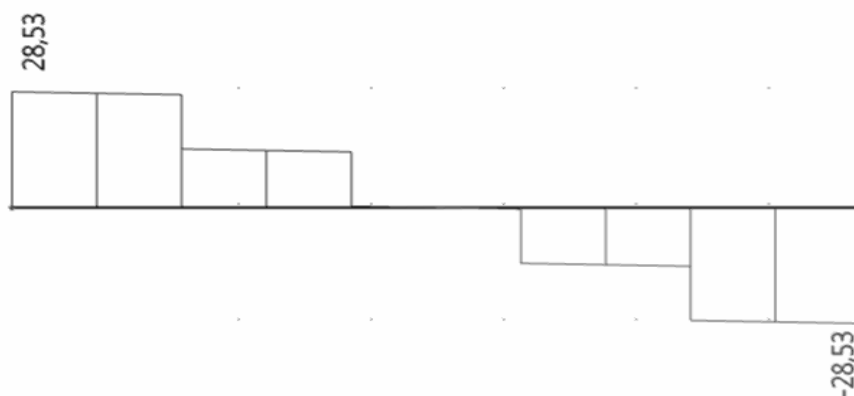
Všechny hodnoty jsou zadávané do programu SCIA již v kombinaci. Reakce od vaznic R_{n1} , R_{n2} v kombinaci dle vaznice a vlastní tíha IPE300 pře-násobena součinitelem 1,35.

Maximální kladný ohybový moment a posouvající síla:

Ohybový moment [kNm]

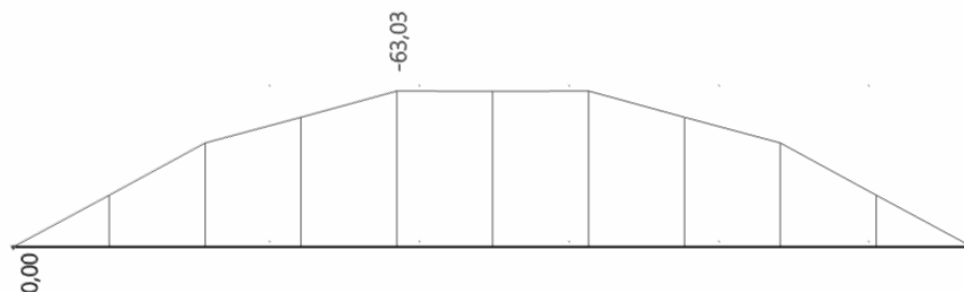


Posouvající síla [kN]

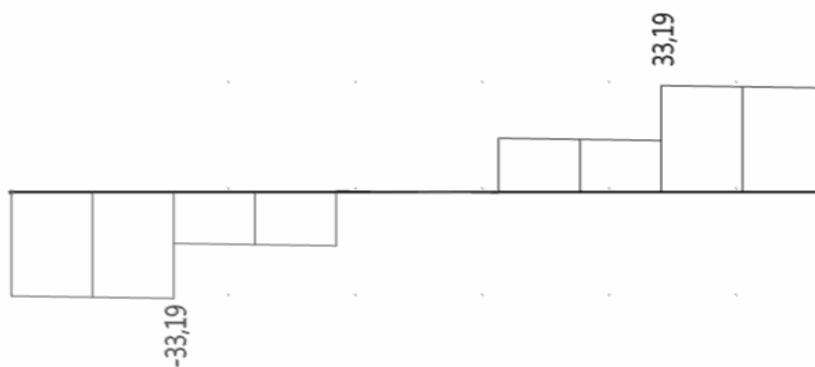


Maximální záporná ohybový moment a posouvající síla:

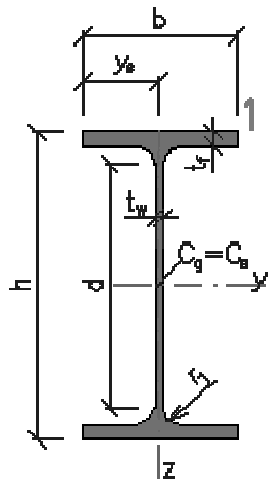
Ohybový moment [kNm]



Posouvající síla [kN]



8.5. Průřezové a materiálové charakteristiky

IPE300			
Geometrie			
h = 300 mm		Průřezové charakteristiky	
b = 150 mm		Osa y	Osa z
t _f = 10.7 mm		I _y = 8.36E+7 mm ⁴	I _z = 6.04E+6 mm ⁴
t _w = 7.1 mm		W _{y1} = 5.57E+5 mm ³	W _{z1} = 8.05E+4 mm ³
r ₁ = 15 mm		W _{y,pl} = 6.28E+5 mm ³	W _{z,pl} = 1.25E+5 mm ³
y _s = 75 mm		i _y = 125 mm	i _z = 33.5 mm
d = 248.6 mm		S _y = 3.14E+5 mm ³	S _z = 6.26E+4 mm ³
A = 5380 mm ²		Kroucení a klopení	
A _L = 1.16 m ² .m ⁻¹		I _w = 1.26E+11 mm ⁶	I _t = 2.01E+5 mm ⁴
G = 42.2 kg.m ⁻¹		i _w = 37.5 mm	i _{pc} = 129 mm

[10]

8.6. MSÚ ohyb s klopením

Parametry klopení:

Souřadnice aplikovaného zatížení: $z_g = z_a - z_s = 150 - 0 = 150 \text{ mm}$

Parametr symetrie:

$$\xi_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 0$$

Parametr aplikovaného zatížení:

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,15}{1 \cdot 6,4} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 6,04 \cdot 10^{-6}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 0,813$$

Parametr kroucení:

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1 \cdot 6,4} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 126 \cdot 10^{-9}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 1,557$$

Součinitelé zatížení a podmínky koncových výztuh:

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 1,13 + (1,23 - 1,13) = 1,23$$

$C_2 = 0,39$ $C_3 = 0,81$ pro kloubové uložení a parabolický průběh momentů, zapuštěné vaznice jako výztuhy bránící klopení

Relativní kritický moment:

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j)^2} - (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j) \right)$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,23}{1} \cdot \left(\sqrt{1 + 1,57^2 + (0,39 \cdot 0,813 - 0,81 \cdot 0)^2} - (0,39 \cdot 0,813 - 0,81 \cdot 0) \right) = 1,93$$

Kritický moment:

$$M_{cr} = \frac{\mu_{cr} \cdot \pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{l}$$

$$M_{cr} = \frac{1,93 \pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 6,04 \cdot 10^{-6} \cdot 80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}}{6,4} = 109 \text{ kNm}$$

Srovnávací štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{628 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6}{109000}} = 1,17$$

Parametr klopení:

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,17 - 0,2) + 1,17^2] = 1,28$$

Redukční součinitel:

$$x_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 + \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,28 + \sqrt{1,28^2 + 1,17^2}} = 0,552$$

Posouzení:

$$M_{b,Rd} = \frac{x_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,52 \cdot 1 \cdot 628 \cdot 10^6 \cdot 235}{1} = 81,5 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = 81,5 \text{ kNm} > M_{Ed} = 63,03 \text{ kNm}$$

VYHOVÍ

Kratší vazník stejného profilu délky 5,6 metrů je zatížen menší intenzitou zatížení, vyhoví také.

8.7. MSP svislý průhyb

Průhyb:

$$w = \frac{1}{EI} \cdot \left(\frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384} \right)$$

$$w_y = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 8,36 \cdot 10^7} \cdot \left(\frac{5 \cdot 7,38 \cdot 6400^4}{384} \right) = 9,18 \text{ mm}$$

Limitní hodnota průhybu:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{6400}{250} = 25,6 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\delta_{lim} = 25,6 \text{ mm} > \delta = 9,18 \text{ mm}$$

VYHOVÍ

Kratší vazník stejného profilu délky 5,6 metrů je zatížen menší intenzitou zatížení, vyhoví také.

9. Spřažená stropnice

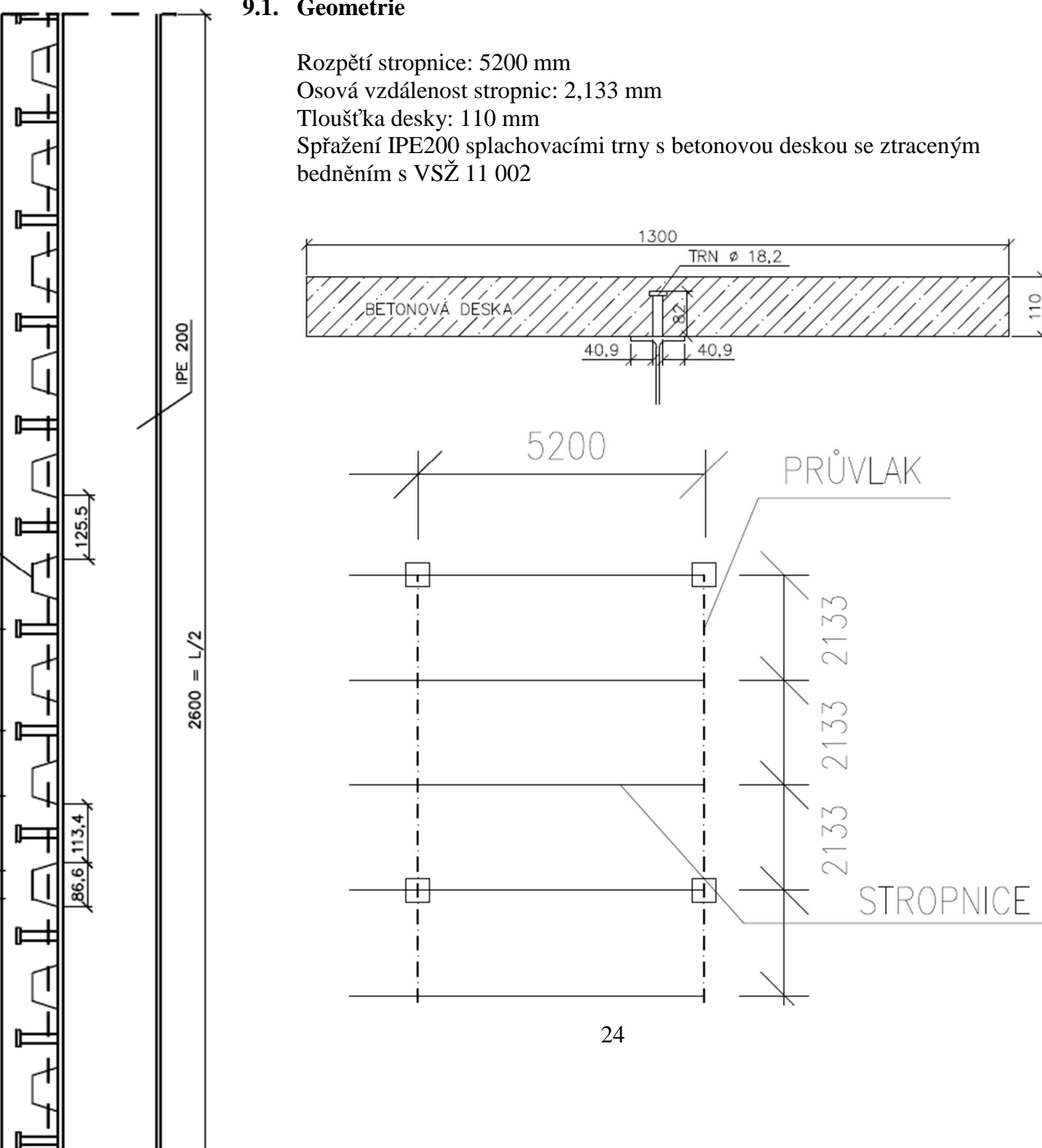
9.1. Geometrie

Rozpětí stropnice: 5200 mm

Osová vzdálenost stropnic: 2,133 mm

Tloušťka desky: 110 mm

Spřažení IPE200 splachovacími trny s betonovou deskou se ztraceným bedněním s VSŽ 11 002



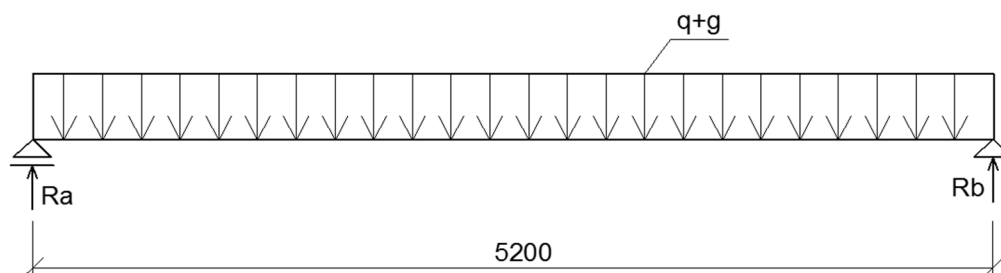
9.2. Výpočtový model

Uvažováno jako prostý nosník podepřený průvlaky.

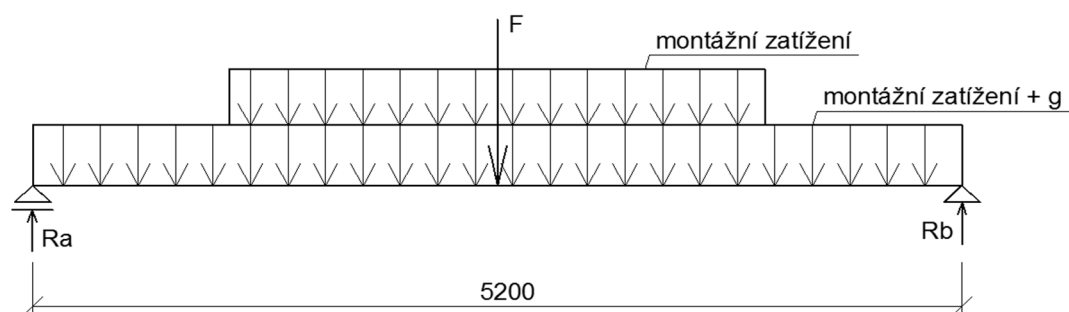
Rozpětí 5200: mm

Zatěžovací šířka: 2133 mm

Pro MSÚ (MSP):



Pro montážní stav:



9.3. Zatížení

Stálé zatížení:

Podlaha: $h \cdot \gamma_b \cdot b = 0,03 \cdot 25 \cdot 2,133 = 1,6 \text{ kN/m}$

Betonová deska: $(b \cdot l - A_0 \cdot n \cdot b) \cdot \gamma_b = (0,11 \cdot 2,133 - 0,00354 \cdot 5 \cdot 2,133) \cdot 25 = 4,92 \text{ kN/m}$

Plech: $g_{k,p} \cdot b = 0,103 \cdot 2,133 = 0,22 \text{ kN/m}$

název	zatížení (charakteristická hodnota)
vl. tíha IPE200	0,22 kN/m
plech VSŽ 11 002	0,22 kN/m
betonová podlaha	1,6 kN/m
betonová deska	4,92 kN/m
Celkem	$g_k = 6,86 \text{ kN/m}$

Zatížení dopravou:

Vozidla do 30 kN, rychlost větší než 10 km/h \Rightarrow dynamický součinitel $\delta_r = 1,4$, rychlost bude omezena do 20 km/h

Rovnoměrné spojitě zatížení: $q = 2,5 \text{ kn/m}^2$

Charakteristická hodnota:

$$q_k = \delta_r \cdot q \cdot b = 1,4 \cdot 2,5 \cdot 2,133 = 7,47 \text{ kN/m}$$

Montážní zatížení:

Vlastní tíha bez podlahy:

$$g_{k,m} = 6,86 - 1,6 = 5,26 \text{ kN/m}$$

název	zatížení (charakteristická hodnota) na m^2	zatěžovací šířka (m)	zatížení (charakteristická hodnota) na m stropnice
montážní zatížení	$q_{k,m,1}=0,75 \text{ kN/m}^2$	2,133	$q_{k,m,1}=1,6 \text{ kN/m}^2$
montážní zatížení soustředné na 3 m	$q_{k,m,2}=0,75 \text{ kN/m}^2$	2,133	$q_{k,m,2}=1,6 \text{ kN/m}^2$
soustředná síla	$F_k = 1,0 \text{ kN}$		$F_k = 1,0 \text{ kN}$

9.4. Kombinace a vnitřní síly

Moment a posouvající síla od stálého zatížení:

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \cdot (g_k) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (6,86) \cdot 5,2^2 = 23,19 \text{ kNm}$$

$$V_{g,k} = \frac{1}{2} \cdot (g_k) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot (6,86) \cdot 5,2 = 17,84 \text{ kN}$$

Moment a posouvající síla od dopravy:

$$M_{q,k} = \frac{1}{8} \cdot (q_k) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (7,47) \cdot 5,2^2 = 25,25 \text{ kNm}$$

$$V_{q,k} = \frac{1}{2} \cdot (q_k) \cdot l = \frac{1}{2} \cdot (7,47) \cdot 5,2 = 19,42 \text{ kN}$$

Moment od montážního zatížení:

$$M_{q,k,m1} = \frac{1}{8} \cdot (q_{k,m,1}) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (1,6) \cdot 5,2^2 = 5,41 \text{ kNm}$$

Moment od soustředného montážního zatížení na 3,0 m stropnice:

$$M_{q,k,m2} = \frac{q_{k,m,2} \cdot l \cdot l_1}{4} - \frac{q_{k,m,2} \cdot l_1^2}{8} = \frac{1,6 \cdot 5,2 \cdot 3}{4} - \frac{1,6 \cdot 3^2}{8}$$

$$M_{q,k,m2} = 4,44 \text{ kNm}$$

Moment od soustředné síly:

$$M_{q,k,F} = \frac{1}{4} \cdot (F_k) \cdot l = 0,25 \cdot 1,0 \cdot 5,2 = 1,3 \text{ kNm}$$

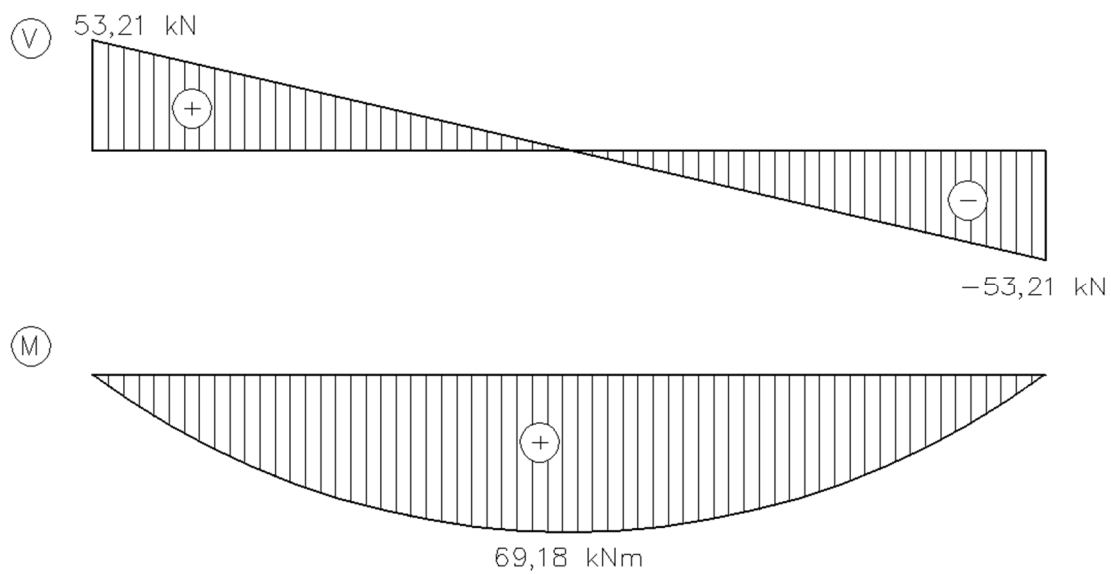
Moment a posouvající síla od stálého zatížení:

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \cdot (g_{k,m}) \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (5,26) \cdot 5,2^2 = 17,78 \text{ kNm}$$

Kombinace vnitřních sil pro MSÚ:

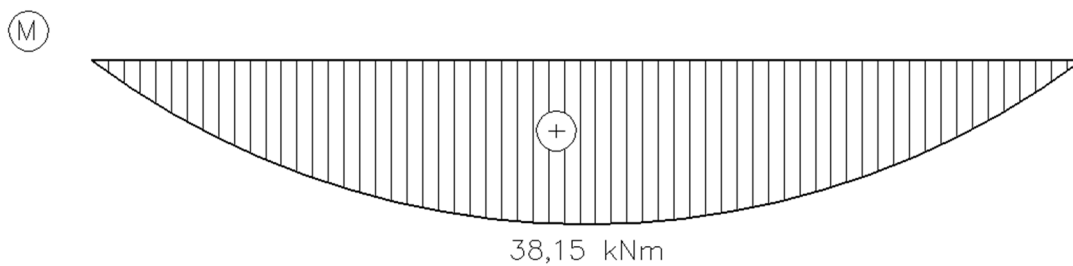
$$1,35 \cdot M_{g,k} + 1,5 \cdot (M_{q,k}) = 1,35 \cdot 23,19 + 1,5 \cdot 25,25 = 69,18 \text{ kNm}$$

$$1,35 \cdot V_{g,k} + 1,5 \cdot (V_{q,k}) = 1,35 \cdot 17,84 + 1,5 \cdot 19,42 = 53,21 \text{ kN}$$

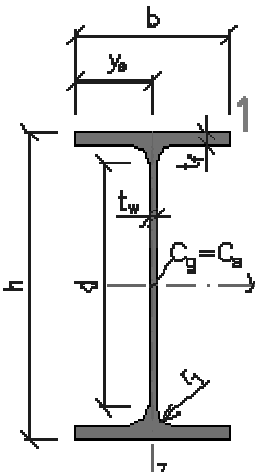


Kombinace vnitřních sil pro montážní stav:

$$1,35 \cdot M_{g,k,m} + 1,5 \cdot \left(M_{q,k,m1} + \psi_0 \cdot (M_{q,k,F} \cdot M_{q,k,m2}) \right) = 1,35 \cdot 17,78 + 1,5 \cdot (5,41 + 0,7 \cdot (4,44 + 1,3)) = 38,15 \text{ kNm}$$



9.5. Průřezové a materiálové charakteristiky

IPE200			
Geometrie			
h = 200 mm		Průřezové charakteristiky	
b = 100 mm		Osa y	Osa z
t _f = 8.5 mm		I _y = 1.94E+7 mm ⁴	I _z = 1.42E+6 mm ⁴
t _w = 5.6 mm		W _{y1} = 1.94E+5 mm ³	W _{z1} = 2.85E+4 mm ³
r ₁ = 12 mm		W _{y,pl} = 2.20E+5 mm ³	W _{z,pl} = 4.46E+4 mm ³
y _s = 50 mm		i _y = 82.6 mm	i _z = 22.4 mm
d = 159 mm		S _y = 1.10E+5 mm ³	S _z = 2.23E+4 mm ³
A = 2850 mm ²		Kroucení a klopení	
A _L = 0.77 m ² .m ⁻¹		I _w = 1.30E+10 mm ⁶	I _t = 6.98E+4 mm ⁴
G = 22.4 kg.m ⁻¹		i _w = 25 mm	i _{pc} = 85.6 mm

[11]

$$\text{Beton: C20/30 } f_{ck} = 25 \text{ Mpa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{25}{1,5} = 16,66 \text{ Mpa}$$

$$\text{Ocel: S235 } f_{yk} = 235 \text{ Mpa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ Mpa}$$

9.6. MSÚ

Spolupůsobící šířka:

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_{eff,2} = 650 + 650 = 1300 \text{ mm}$$

$$b_{eff,1} = b_{eff,2} = \frac{l}{8} = \frac{5200}{8} = 650 \text{ mm}$$

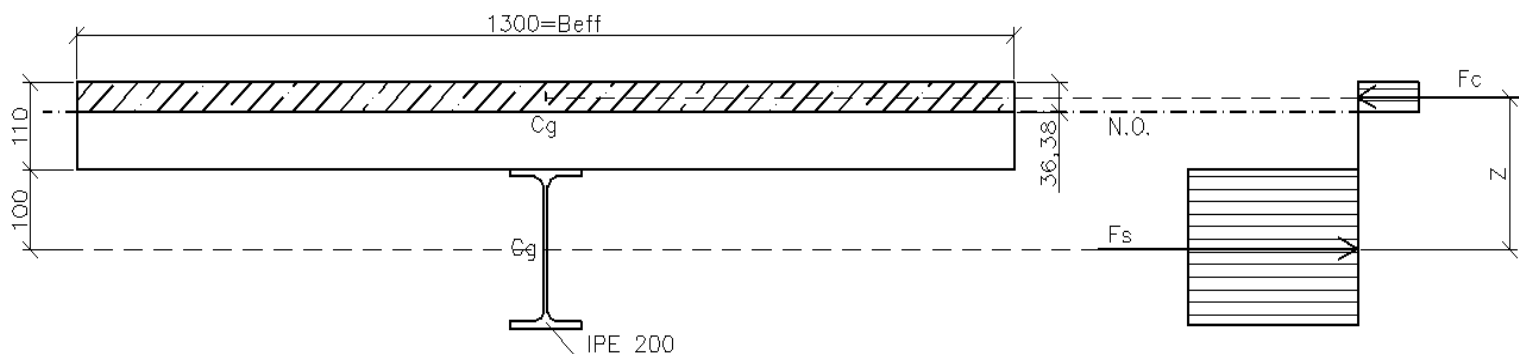
Výpočet neutrální osy z rovnováhy sil v průřezu:

Rovnováha sil v průřezu:

$$f_{yd} \cdot A_s = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot x$$

$$x = \frac{f_{yd} \cdot A_s}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff}} = \frac{235 \cdot 2850}{0,85 \cdot 16,66 \cdot 1300} = 36,38 \text{ mm}$$

$$x = 36,38 \text{ mm} < b_d = 110 \text{ mm} \text{ neutrální osa je v desce}$$

Momentová únosnost:

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot A_s \cdot z$$

$$M_{Rd} = (235 \cdot 2850 \cdot (210 - \frac{36,38}{2}) \cdot 10^6 = 128,46 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 128,46 \text{ kNm} > M_{Ed} = 69,18 \text{ kNm}$$

VYHOVÍSmyková únosnost:

$$V_{pl,rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{890,4 \cdot 235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 120,8 \text{ kN}$$

Plocha stojiny:

$$A_v = t_w \cdot d = 5,6 \cdot 159 = 890,4 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,rd} = 120,8 \text{ kN} > V_{ed} = 53,21 \text{ kNm}$$

VYHOVÍNávrh a posouzení spřažení:

Podélná smyková síla:

$$V_e = \min \{ F_{cf} = A_s \cdot f_{yd} : F_{cf} = A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \}$$

$$V_e = \min \{ 2850 \cdot 235 = 669,75 : 0,85 \cdot 1300 \cdot 0,11 \cdot 16,66 \}$$

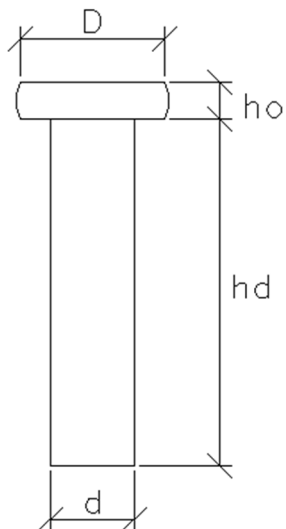
$$V_e = \min \{ 669,75 \text{ kN} : 2025 \text{ kN} \} = 669,75 \text{ kN}$$

Spřahovací trny:

$$d = 18,2 \text{ mm} \quad D = 31,3 \text{ mm} \quad h_o = 8,0 \text{ mm} \quad h = 88 \text{ mm}$$

Únosnost spřahovacích trnů:

$$P_{rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$



$$P_{rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot 340 \cdot \frac{\pi \cdot 18,2^2}{4} = 70,76 \text{ kN} \\ 0,29 \cdot 1,0 \cdot 18,2^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 30000} = 83,19 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$P_{Rk} = 70,76 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota:

$$P_{Rd} = \frac{P_{rk}}{\gamma_{M2}} = \frac{70,76}{1,25} = 56,61 \text{ kN}$$

Redukovaná hodnota v žebrované desce:

$$P_{Rd}' = P_{Rd} \cdot k_t = 56,61 \cdot 1,12 = 63,40 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{N_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h}{h_p} - 1 \right)$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{125,5}{50} \cdot \left(\frac{82}{50} - 1 \right) = 1,12 \text{ součinitel redukce}$$

Počet trnů na stropnici:

$$N = \frac{V_e}{P_{Rd}'} = \frac{669,75}{63,4} = 10,56 \text{ ks}$$

Navrženo minimálně 13 ks trnů na l/2 rozpětí stropnice.

9.7. Posouzení stropnice v montážním stavu

Klopení stropnice není uvažováno, před zatížením bude zabráněno klopení spojením stropnic trapézovým plechem. Posouzení je uvažováno v elastické oblasti.

Ohybová únosnost stropnice, IPE200:

$$M_{Rd} = W_{yl} \cdot f_{yd} = (235 \cdot 1,94 \cdot 10^5) \cdot 10^6 = 45,5 \text{ kNm}$$

Posouzení:

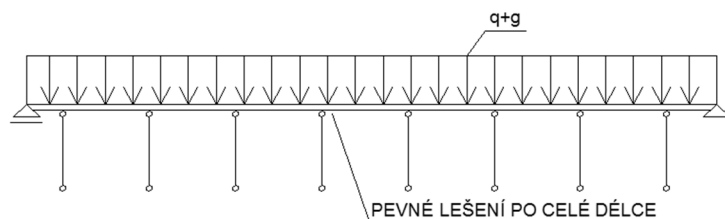
$$\mathbf{M_{Rd} = 45,5 \text{ kN} > M_{Ed,m} = 38,15 \text{ kN VYOVÍ}}$$

Průhyb stropnice:

$$w = \frac{1}{EI} \cdot \left(\frac{5 \cdot (g_{k,m} + q_{k,m1}) \cdot l^4}{384} + \frac{F \cdot l^3}{48} + \frac{q_{k,m2} \cdot c}{6} \right. \\ \left. \cdot \left[\frac{a \cdot b}{l} \cdot \left(2 \cdot a \cdot l - 2 \cdot a^2 - \frac{c^2}{4} \right) + \frac{c^3}{64} \right] \right)$$

$$w = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 1,94 \cdot 10^7} \cdot \left(\frac{5 \cdot (5,26 + 1,6) \cdot 5200^4}{384} + \frac{1000 \cdot 5200^3}{48} + \frac{1,6 \cdot 3000}{6} \right. \\ \cdot \left[\frac{2600 \cdot 2600}{5200} \cdot \left(2 \cdot 2600 \cdot 5200 - 2 \cdot 2600^2 - \frac{3000^2}{4} \right) + \frac{3000^3}{64} \right] \right) = 19,7 \text{ mm}$$

Průhyb je příliš velký, stropnice bude při betonáži podepřena pevným lešením po celé délce.



9.8. Posouzení plechu v montážním stavu

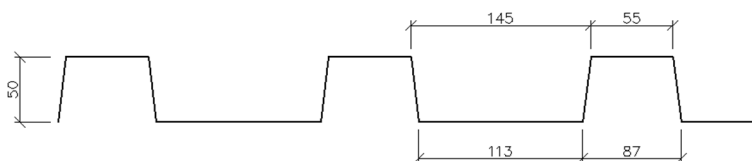
Plech VSŽ 11 002

$$W_{c,N} = 17,467 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{t,N} = 28,17 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{t,R} = 17,155 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

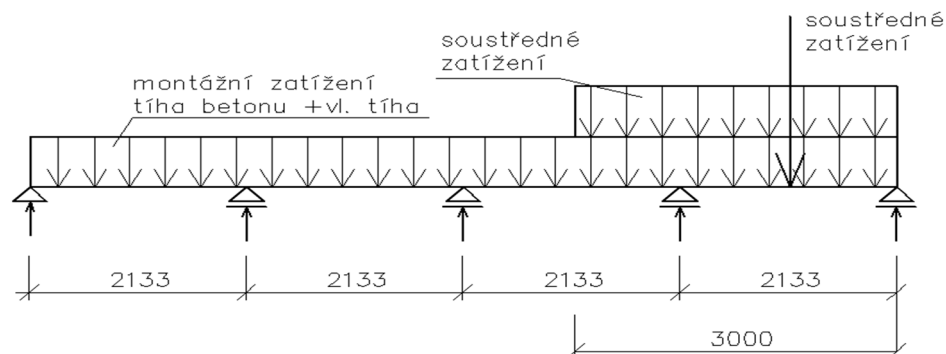
$$W_{c,R} = 18,074 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$



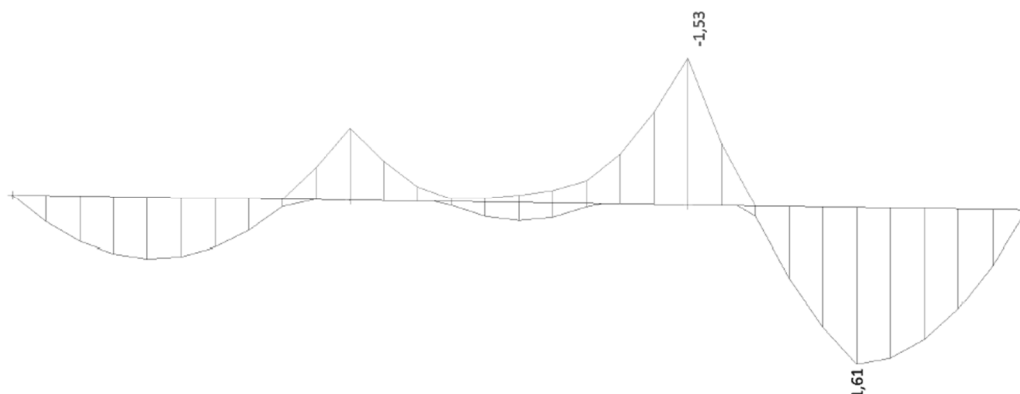
$$W_{eff,N} = \min\{W_{c,N}; W_{t,N}\} = 17,467 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{eff,R} = \min\{W_{t,R}; W_{c,R}\} = 17,16 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Zatížení a vnitřní síly:



Moment [kNm]



Návrhová únosnost v ohybu pro normální polohu plechu:

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff,N} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{17,467 \cdot 10^3 \cdot 200}{1,0} \cdot 10^{-6} = 3,49 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{1,61}{3,49} = 0,46$$

VYHOVÍ

Návrhová únosnost v ohybu pro reverzní polohu plechu:

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff,N} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{17,155 \cdot 10^3 \cdot 200}{1,0} \cdot 10^{-6} = 3,43 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{1,53}{3,43} = 0,45$$

VYHOVÍ**9.9. MSÚ svislý průhyb**

Stropnice při betonáži bude podepřena pevným lešením po celé délce => průhyb od montážního zatížení bude nulový.

Posouzení spřažené stropnice po zatvrdnutí betonu:

Pracovní součinitel:

$$n = \frac{E_a}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7$$

Plocha tlačené betonové části:

$$A_c = b_{eff} \cdot x = 1300 \cdot 36,38 = 47294 \text{ mm}^2$$

Plocha ideálního průřezu:

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 2850 + \frac{47294}{7} = 9606,28 \text{ mm}^2$$

Statický moment plochy ideálního průřezu:

$$S_i = \frac{A_c \cdot c_c}{n} + A_a \cdot c_a = \frac{47294 \cdot \frac{36,38}{2}}{7} + 2850 \cdot 210 = 724,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Těžiště ideálního průřezu:

$$c_1 = \frac{S_i}{A_i} = \frac{724,0 \cdot 10^3}{9606,25} = 75,36 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu:

$$\begin{aligned} I_i &= I_a + \frac{I_c}{n} + A_i \cdot z_c \cdot z_a \\ &= 1,94 \cdot 10^7 + \frac{\frac{1}{12} \cdot 1300 \cdot 36,38^3}{7} + 9606,29 \cdot 57,17 \cdot 134,64 \\ &= 94,08 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Průhyb od zatížení:

$$\begin{aligned} w &= \frac{1}{EI_i} \cdot \left(\frac{5 \cdot (q_k + q_k) \cdot l^4}{384} \right) \\ w_y &= \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 94,08 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{5 \cdot (6,86 + 7,47) \cdot 5200^4}{384} \right) = 6,91 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitní hodnota průhybu:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{5200}{250} = 20,8 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\delta_{lim} = 20,8 \text{ mm} > \delta = 6,91 \text{ mm}$$

VYHOVÍ

10. Spřažený průvlak

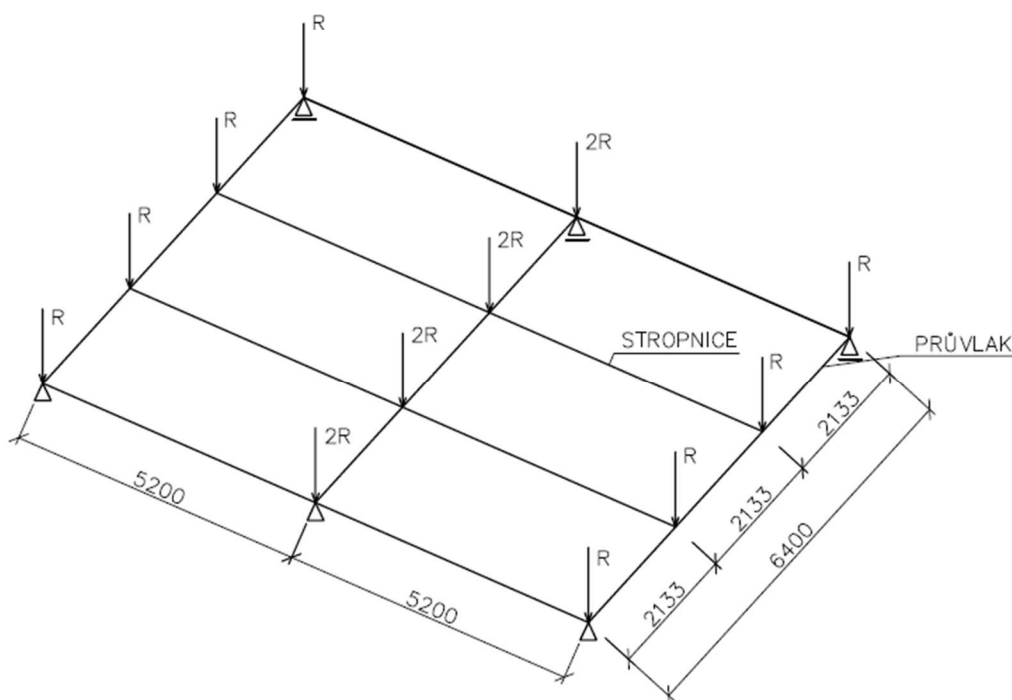
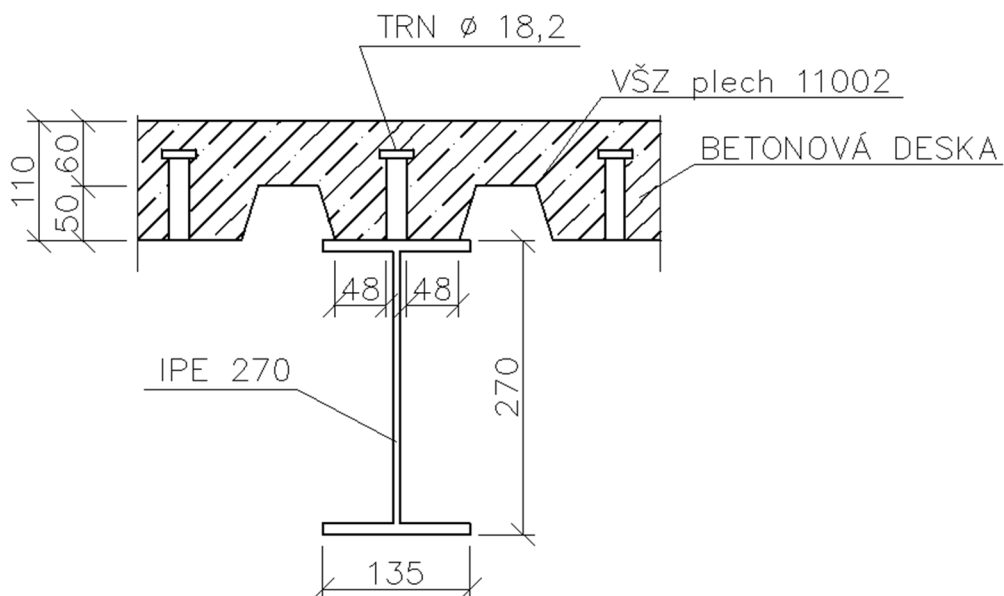
10.1. Geometrie

Rozpětí průvlaku: 6400 (5600) mm

Osová vzdálenost průvlaku: 5200 mm

Tloušťka desky: 110 mm

Spřažení IPE200 splachovacími trny s betonovou deskou se ztraceným bedněním s VSŽ 11 002



10.2. Výpočtový model

Uvažováno jako prostý nosník podepřený sloupy.
 Rozpětí: 6400 mm
 Zatížený reakcemi od stropnic a vlastní tíhou.

10.3. ZatíženíPro MSÚ

označení	název	zatížení (charakteristická hodnota)	zatížení (výpočtová hodnota)
ZS1	reakce od stropnic		53,21 kN
ZS2	vlastní tíha IPE270	0,361 kN/m	0,49 kN/m

Pro MSP

Charakteristická hodnota zatížení dopravou:

$$q_k = \delta_r \cdot q \cdot b = 1,4 \cdot 2,5 \cdot 5,2 = 18,2 \text{ kN/m}$$

Charakteristická hodnota stálého zatížení:

$$g_k = \frac{g_{k, \text{stropnice}}}{\text{zatežovací šířka stropnice}} \cdot \text{zat. šířka průvlastku} + \text{vl. tíha průvlastku}$$

$$g_k = \frac{6,86}{2,133} \cdot 5,2 + 0,361 = 17,08 \text{ kN/m}$$

10.4. Kombinace a vnitřní sílyKlíč kombinace:

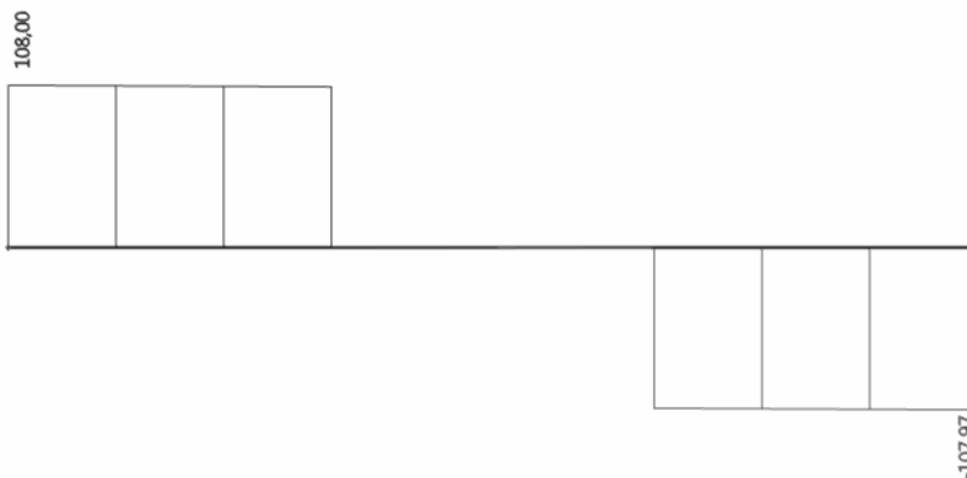
Kombinace
ZS1+ZS2

Maximální moment a posouvající síla

Ohybový moment [kNm]



Posouvající síla [kN]



10.5. Průřezové a materiálové charakteristiky

IPE270			
Geometrie			
h = 270 mm		Průřezové charakteristiky	
b = 135 mm		Osa y	Osa z
tf = 10.2 mm		Iy = 5.79E+7 mm ⁴	Iz = 4.20E+6 mm ⁴
tw = 6.6 mm		Wy1 = 4.29E+5 mm ³	Wz1 = 5.22E+4 mm ³
r1 = 15 mm		Wy,pl = 4.84E+5 mm ³	Wz,pl = 9.70E+4 mm ³
ys = 67.5 mm		iy = 112 mm	iz = 30.2 mm
d = 219.6 mm		Sy = 2.42E+5 mm ³	Sz = 4.85E+4 mm ³
A = 4590 mm ²		Kroucení a klopení	
AL = 1.04 m ² .m ⁻¹		Iw = 7.06E+10 mm ⁶	It = 1.61E+5 mm ⁴
G = 36.1 kg.m ⁻¹		iw = 33.7 mm	ipc = 116 mm

[12]

$$\text{Beton: C20/30 } f_{ck} = 25 \text{ Mpa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{25}{1,5} = 16,66 \text{ Mpa}$$

$$\text{Ocel: S235 } f_{yk} = 235 \text{ Mpa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ Mpa}$$

10.6. MSÚ

Spolupůsobící šířka:

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_{eff,2} = 800 + 800 = 1600 \text{ mm}$$

$$b_{eff,1} = b_{eff,2} = \frac{l}{8} = \frac{6400}{8} = 800 \text{ mm}$$

Výpočet neutrální osy z rovnováhy sil v průřezu:

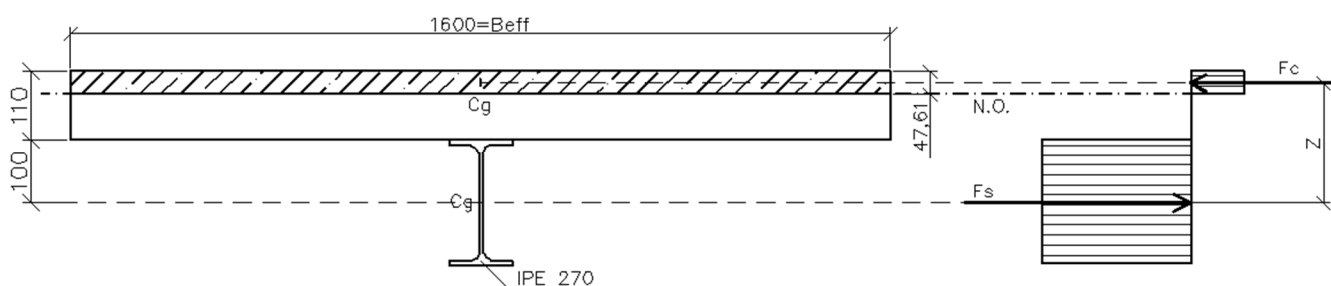
Rovnováha sil v průřezu:

$$f_{yd} \cdot A_s = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot x$$

$$x = \frac{f_{yd} \cdot A_s}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff}} = \frac{235 \cdot 4590}{0,85 \cdot 16,66 \cdot 1600} = 47,61 \text{ mm}$$

$$x = 47,61 \text{ mm} < b_d = 110 \text{ mm} \text{ neutrální osa je v desce}$$

Momentová únosnost:



$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot A_s \cdot z$$

$$M_{Rd} = (235 \cdot 4590 \cdot (245 - \frac{40,46}{2})) \cdot 10^6 = 238,6 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 238,46 \text{ kNm} > M_{ed} = 229,53 \text{ kNm}$$

VYHOVÍ

Kratší průvlak stejného profilu délky 5,6 metrů je zatížen menší intenzitou zatížení, vyhoví také.

Smyková únosnost:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{1647 \cdot 235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 223,46 \text{ kN}$$

Plocha stojiny:

$$A_v = t_w \cdot d = 6,6 \cdot 249,6 = 1647 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = 223,46 \text{ kN} > V_{Ed} = 108,00 \text{ kNm}$$

VYHOVÍ

Kratší průvlak stejného profilu délky 5,6 metrů je zatížen menší intenzitou zatížení, vyhoví také.

Návrh a posouzení spřažení:

Podélná smyková síla:

$$V_e = \min \{ F_{cf} = A_s \cdot f_{yd} : F_{cf} = A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \}$$

$$V_e = \min \{ 4590 \cdot 235 = 669,75 : 0,85 \cdot 1600 \cdot 0,11 \cdot 16,66 \}$$

$$V_e = \min \{ 1078,7 \text{ kN} : 2492 \text{ kN} \} = 1078,7 \text{ kN}$$

Spřahovací trny:

$$d = 18,2 \text{ mm} \quad D = 31,3 \text{ mm} \quad h_d = 8,0 \text{ mm} \quad h = 88 \text{ mm}$$

Únosnost spřahovacích trnů:

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot 340 \cdot \frac{\pi \cdot 18,2^2}{4} = 70,76 \text{ kN} \\ 0,29 \cdot 1,0 \cdot 18,2^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 30000} = 83,19 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$P_{Rk} = 70,76 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota:

$$P_{Rd} = \frac{P_{rk}}{\gamma_m} = \frac{70,76}{1,25} = 56,61 \text{ kN}$$

Redukovaná hodnota v žebrované desce:

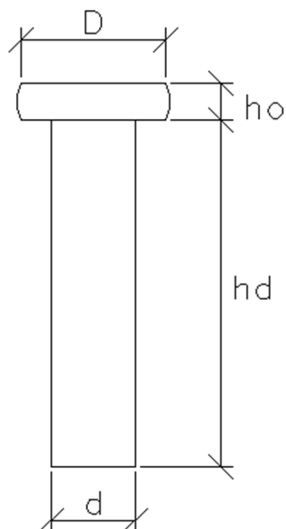
$$P_{Rd}' = P_{rd} \cdot k_t = 56,61 \cdot 1,12 = 63,40 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{N_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h}{h_p} - 1 \right)$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{125,5}{50} \cdot \left(\frac{82}{50} - 1 \right) = 1,12 \text{ součinitel redukce}$$

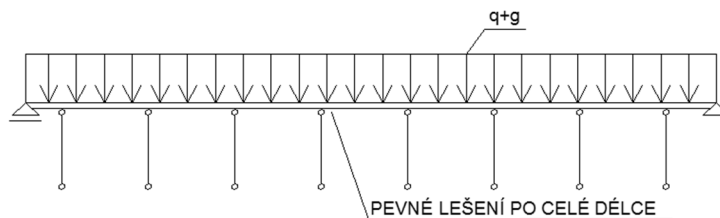
Počet trnů na stropnici:

$$N = \frac{V_e}{P_{Rd}'} = \frac{1078,7}{63,4} = 17,01 \text{ ks}$$

Navrženo 36 ks trnů po 170 mm na rozpětí stropnice.

10.7. Posouzení MSP

Průvlak při betonáži bude podepřen pevným lešením po celé délce => průhyb od montážního zatížení bude nulový.



Posouzení spřažené stropnice po zatvrdnutí betonu:

Pracovní součinitel:

$$n = \frac{E_a}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7$$

Plocha tlačené betonové části:

$$A_c = b_{eff} \cdot x = 1600 \cdot 47,61 = 76176 \text{ mm}^2$$

Plocha ideálního průřezu:

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 4590 + \frac{76176}{7} = 15472,29 \text{ mm}^2$$

Statický moment plochy ideálního průřezu:

$$S_i = \frac{A_c \cdot c_c}{n} + A_a \cdot c_a = \frac{76176 \cdot \frac{47,61}{2}}{7} + 4590 \cdot 245 = 1577,89 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Těžiště ideálního průřezu:

$$c_1 = \frac{S_i}{A_i} = \frac{1577,89 \cdot 10^3}{15472,29} = 101,98 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu:

$$\begin{aligned} I_i &= I_a + \frac{I_c}{n} + A_i \cdot z_c \cdot z_a \\ &= 5,79 \cdot 10^7 + \frac{\frac{1}{12} \cdot 1600 \cdot 47,61^3}{7} + 15472,29 \cdot 78,18 \cdot 143,02 \\ &= 232,96 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Průhyb od zatížení:

$$w = \frac{1}{EI_i} \cdot \left(\frac{5 \cdot (q_k + g_k) \cdot l^4}{384} \right)$$

$$w_y = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 232,96 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{5 \cdot (18,2 + 17,08) \cdot 6400^4}{384} \right) = 15,75 \text{ mm}$$

Limitní hodnota průhybu:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{6400}{250} = 25,6 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\delta_{lim} = 25,6 \text{ mm} > \delta = 15,75 \text{ mm}$$

VYHOVÍ

Kratší průvlak stejného profilu délky 5,6 metrů je zatížen menší intenzitou zatížení, vyhoví také.

11. Sloupy

11.1. Geometrie

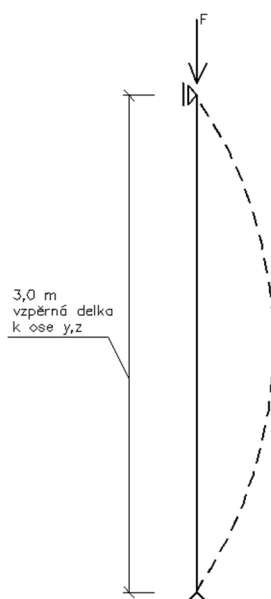
Výška sloupu: 18,0 m

Odstupňování po 9,0 m (3. podlaží)

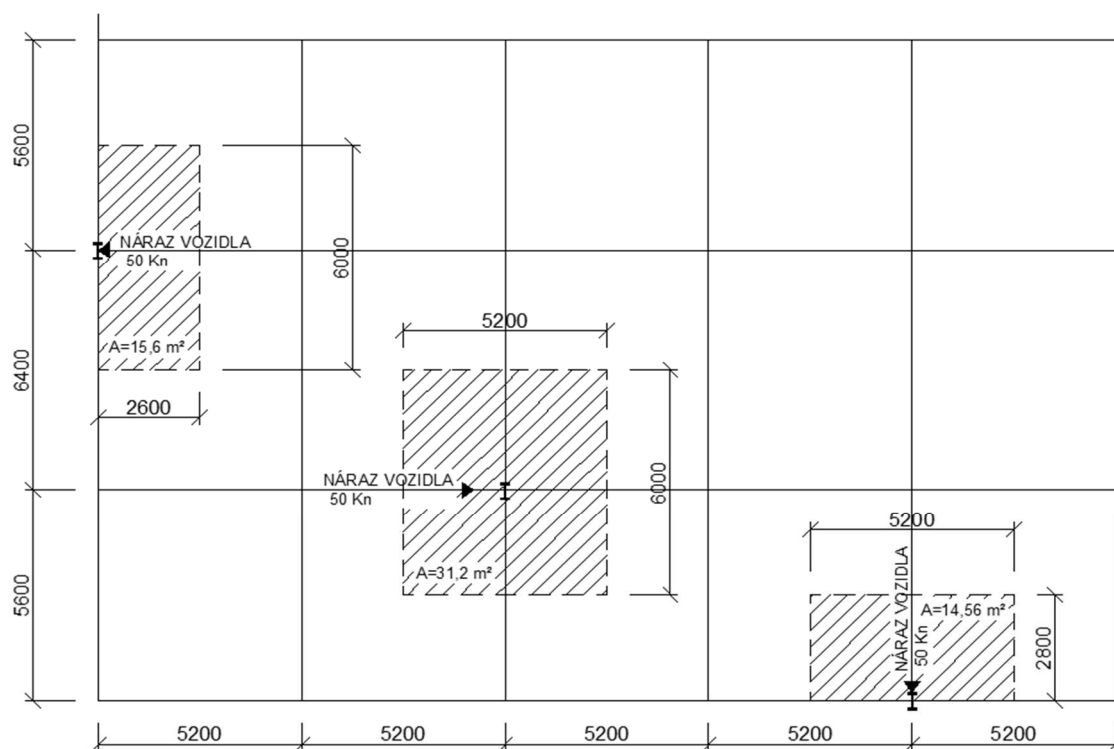
11.2. Výpočtový model

Uvažováno jako kyvné stojky, s kloubovým uložením v patce a kloubově připojení průvlaků nebo vazníku. Sloup je zatížen vlastní tíhou, tíhou opláštění, užitným a stálým zatížením stropu, podlaží a mimořádným zatížením nárazem vozidla.

Vzpěrné délky u všech sloupů $L = L_{cr} = 3,0 \text{ m}$



11.3. Zatížení



Svislé zatížení:

zat. stav	název	zatížení na m^2 (mb)		ztížení na m^2
ZS1	vl. tíha plechu	$g_{k,1} = 0,16 \text{ kN/m}^2$		$g_{k,1} = 0,16 \text{ kN/m}^2$
ZS2	sníh	$s_{k,1} = 0,8 \text{ kN/m}^2$		$s_{k,1} = 0,8 \text{ kN/m}^2$
ZS3	vítr sání	$w_{k,1} = -1,98 \text{ kN/m}^2$		$w_{k,1} = -1,98 \text{ kN/m}^2$
ZS4	vítr tlak	$w_{k,1} = 0,22 \text{ kN/m}^2$		$w_{k,1} = 0,22 \text{ kN/m}^2$
ZS5	vl. tíha vaznice	$g_{k,2} = 0,16 \text{ kN/m}$	1,28	$g_{k,2} = 0,13 \text{ kN/m}$
ZS6	vl. tíha vazníku	$g_{k,3} = 0,42 \text{ kN/m}$	5,6	$g_{k,3} = 0,07 \text{ kN/m}$
ZS7	vl. tíha stropnice	$g_{k,4} = 0,22 \text{ kN/m}$	2,133	$g_{k,4} = 0,11 \text{ kN/m}^2$
ZS8	vl. tíha průvlaku	$g_{k,4} = 0,36 \text{ kN/m}$	5,6	$g_{k,4} = 0,06 \text{ kN/m}^2$
ZS9	vl. tíha plechu	$g_{k,5} = 0,16 \text{ kN/m}^2$		$g_{k,5} = 0,16 \text{ kN/m}^2$
ZS10	vl. tíha desky	$g_{k,6} = 2,31 \text{ kN/m}^2$		$g_{k,6} = 2,31 \text{ kN/m}^2$
ZS11	vl. tíha podlahy	$g_{k,7} = 0,75 \text{ kN/m}^2$		$g_{k,7} = 0,75 \text{ kN/m}^2$
ZS12	zatížení dopravou	$q_{k,1} = 3,5 \text{ kN/m}^2$		$q_{k,1} = 3,5 \text{ kN/m}^2$
ZS13	instalace vzduchotechniky na sloupech a ostatní instalace (sprinkler,...)			$g_{k,8} = 0,25 \text{ kN/m}^2$
ZS14	opláštění TR15/280 tl. 1,0 mm	$g_{k,8} = 0,15 \text{ kN/m}^2$		$g_{k,8} = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Náraz vozidla: (mimořádné zatížení)

Ve směru jízdy $H_d = 50 \text{ kN}$

Kolmo na směr jízdy $H_d = 25 \text{ kN}$

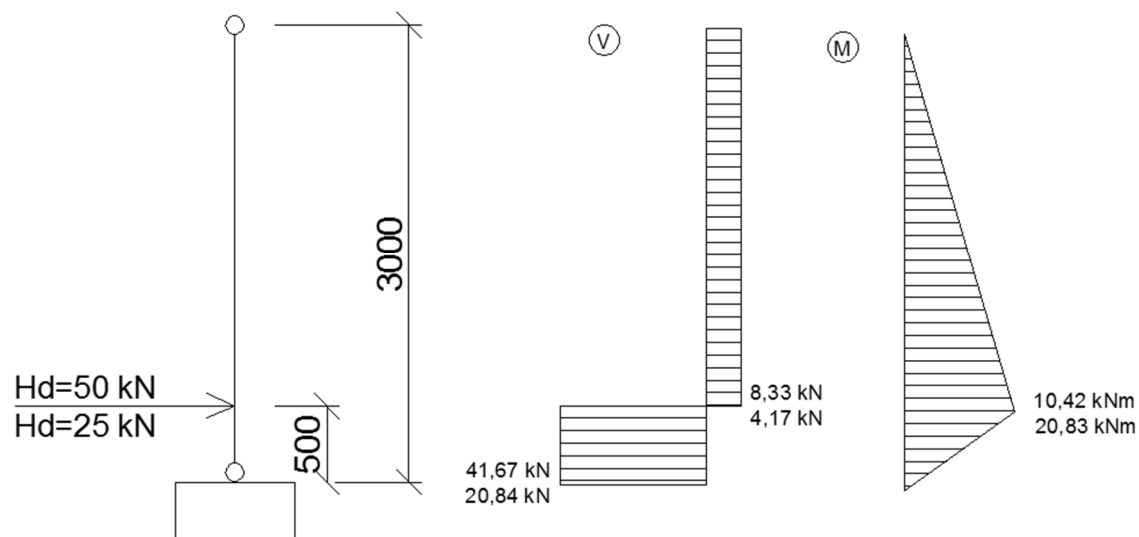
Zatížení větrem: (vodorovné zatížení)

Tlak a sání větru na stěny budovy.

$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$		w_k [kN/m ²]	typ
1,1	D	0,74	0,82	TLAK $w_{k,t}$
1,1	E	-0,37	-0,41	SÁNÍ $w_{k,s}$

11.4. Kombinace a vnitřní síly

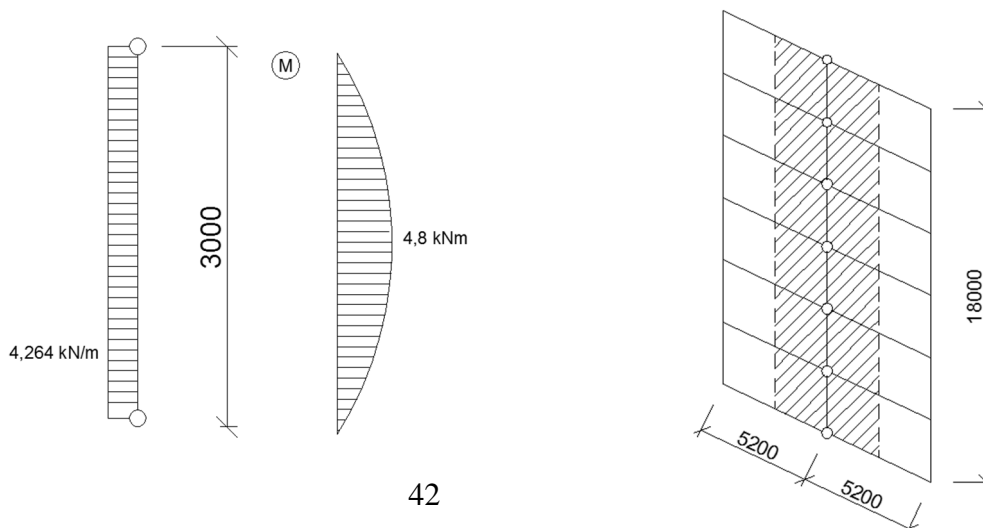
Náraz vozidla:



Zatížení větrem:

Pro sloup 2

$q = \text{zatěž. šířka} \cdot \text{tlak větru na stěnu} = 5,2 \cdot 0,82 = 4,264 \text{ kN/m}$

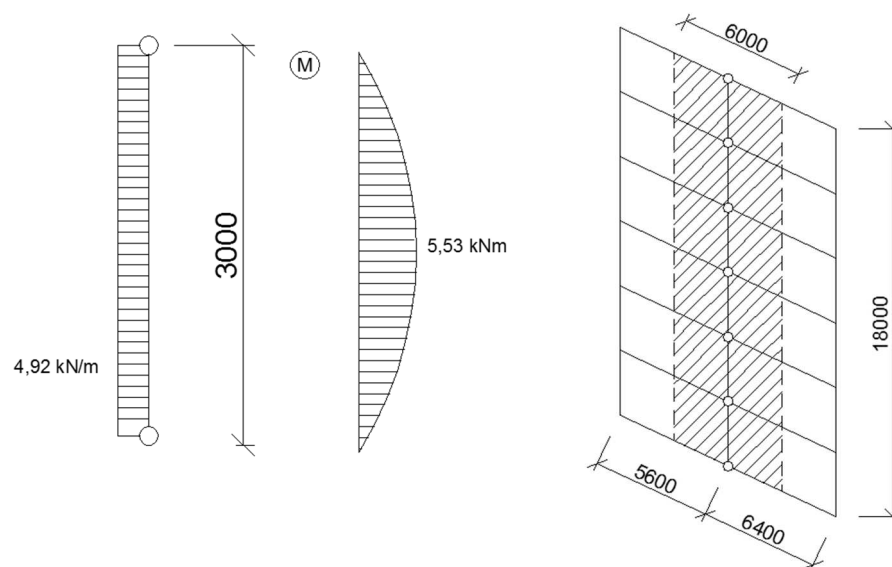


$$M_k = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \text{zatežovací výška}^2 = \frac{1}{8} \cdot 4,264 \cdot 3^2 = 4,8 \text{ kNm}$$

Pro sloup 3

$$q = \text{zatěž. šířka} \cdot \text{tlak větru na stěnu} = 6 \cdot 0,82 = 4,92 \text{ kN/m}$$

$$M_k = 1/8 \cdot \text{zatežovací výška}^2 = \frac{1}{8} \cdot 4,92 \cdot 3^2 = 5,53 \text{ kNm}$$



Přítížení sloupu 1 od větru: (sloup je součástí ztužidla)

$$q_t = \frac{\text{šířka budovy} \cdot \text{tlak větru}}{\text{počtem ztužidel}} = \frac{35,2 \cdot 0,82}{2} = 14,43 \text{ kN/m}$$

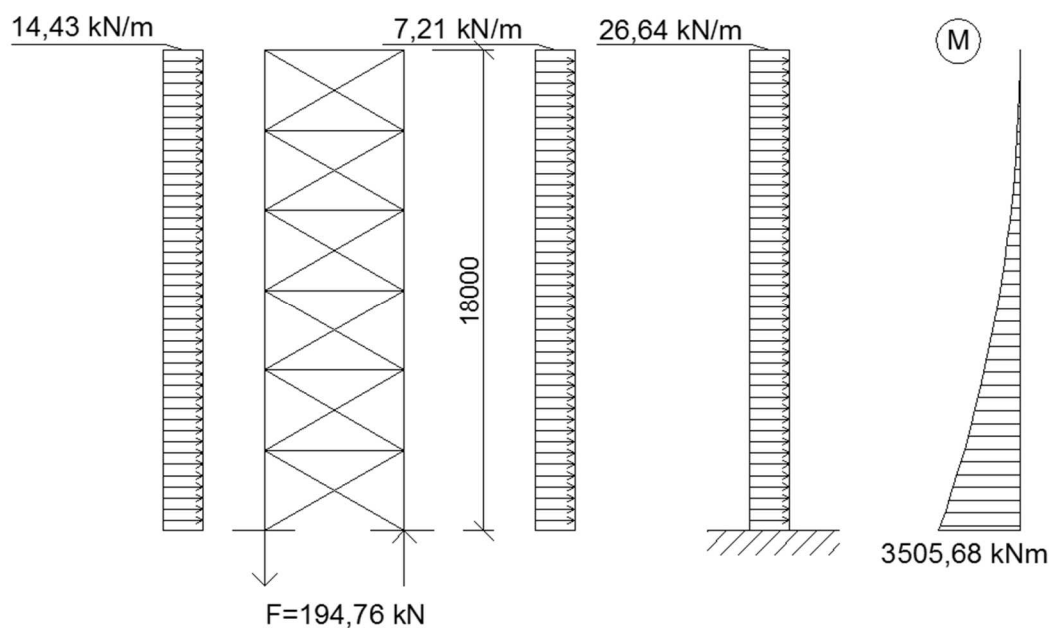
$$q_s = \frac{\text{šířka budovy} \cdot \text{sání větru}}{\text{počtem ztužidel}} = \frac{35,2 \cdot 0,41}{2} = 7,21 \text{ kN/m}$$

$$q = q_t + q_s = 14,43 + 7,21 = 21,64 \text{ kN/m}$$

$$M_k = 0,5 \cdot q \cdot h^2 = 0,5 \cdot 21,64 \cdot 18^2 = 3505,68 \text{ kNm}$$

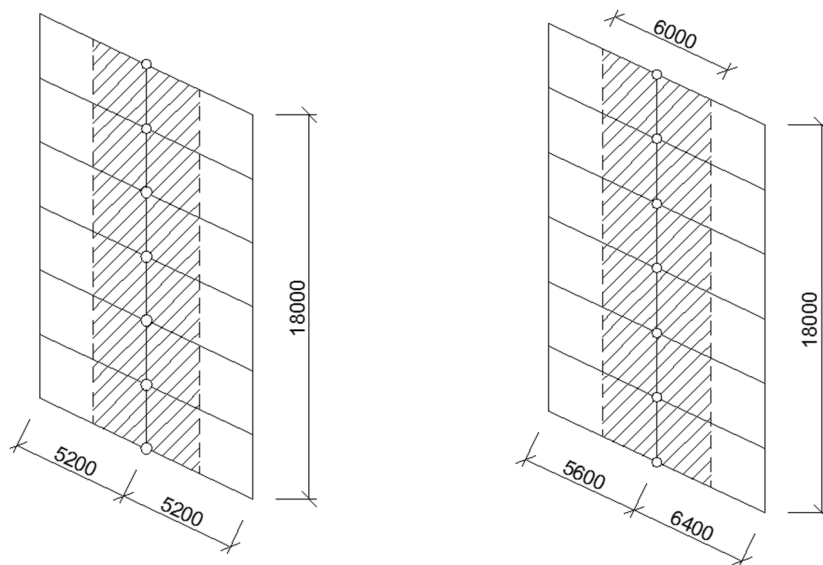
Přídavná tlaková/tahová síla do sloupu 1:

$$F_k = \frac{M_k}{h} = \frac{3505,68}{18} = 194,76 \text{ kN}$$



Přítížení od opláštění budovy:

$$\text{zatěžovací šířka} \cdot \text{výška sloupu} \cdot g_{k,8} = 6 \cdot 9,0,15 = 7,56 \text{ kN/m}$$



Kombinace zatížení:

Kombinace 6.10:

zatížení od střešní konstrukce: (na m^2)

$$1,35 \cdot (ZS1 + ZS5 + ZS6 + ZS13) + 1,5 \cdot (ZS2 + \psi_0 \cdot ZS4) = \\ 1,35(0,16 + 0,13 + 0,07 + 0,25) + 1,5(0,8 + 0,6 \cdot 0,22) = 2,22 \text{ kN/m}$$

zatížení od stropní konstrukce: (na m²)

$$1,35 \cdot (ZS7 + ZS8 + ZS9 + ZS10 + ZS11 + ZS13) + 1,5 \cdot (ZS12) = \\ 1,35(0,11 + 0,06 + 0,16 + 2,31 + 0,75 + 0,25) + 1,5(3,5) = 10,16 \text{ kN/m}$$

přítížení sloupu 1 od větru (součást ztužidla):

$$1,5 \cdot 194,76 = 292,14 \text{ kN}$$

moment od zatížení větrem pro sloup 2:

$$1,5 \cdot (4,8) = 7,2 \text{ kNm}$$

moment od zatížení větrem pro sloup 3:

$$1,5 \cdot (5,53) = 8,3 \text{ kNm}$$

Přítížení od opláštění budovy:

$$1,35 \cdot 7,56 = 10,3 \text{ kN/m}$$

Kombinace 6.11 mimořádné zatížení

zatížení od střešní konstrukce: (na m²)

$$(ZS1 + ZS5 + ZS6 + ZS13) + A_d + (\psi_2 \cdot ZS2 + \psi_2 \cdot ZS4) = \\ (0,16 + 0,13 + 0,07 + 0,25) + 0 + (0 \cdot 0,8 + 0 \cdot 0,22) = 0,61 \text{ kN/m}$$

zatížení od stropní konstrukce: (na m²)

$$(ZS7 + ZS8 + ZS9 + ZS10 + ZS11 + ZS13) + A_d + (\psi_2 \cdot ZS12) = \\ (0,11 + 0,06 + 0,16 + 2,31 + 0,75 + 0,25) + 0 + (0,6 \cdot 3,5) = 5,74 \text{ kN/m}$$

Moment od nárazu vozidla na směr jízdy:

$$A_d = 20,38 \text{ kNm}$$

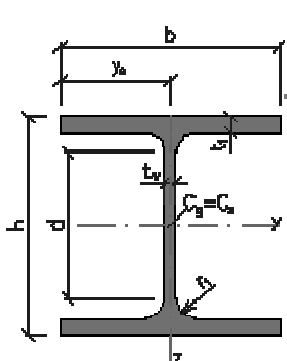
Moment od nárazu vozidla kolmo na směr jízdy:

$$A_d = 10,42 \text{ kNm}$$

11.5. Sloup 1 (součást ztužidla)

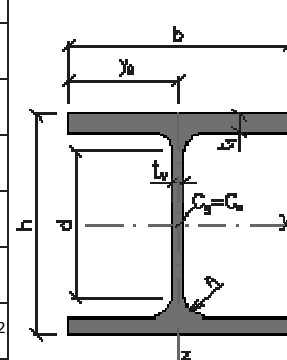
11.5.1. Průřezové a materiálové charakteristiky

3-6 patro HEB 200

HE200B			
Geometrie			
h = 200 mm		Průřezové charakteristiky	
b = 200 mm		Osa y	Osa z
t _f = 15 mm		$I_y = 5.70E+7 \text{ mm}^4$	$I_z = 2.00E+7 \text{ mm}^4$
t _w = 9 mm		$W_{y1} = 5.70E+5 \text{ mm}^3$	$W_{z1} = 2.00E+5 \text{ mm}^3$
r ₁ = 18 mm		$W_{y,pl} = 6.42E+5 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 3.04E+5 \text{ mm}^3$
y _s = 100 mm		i _y = 85.4 mm	i _z = 50.7 mm
d = 134 mm		$S_y = 3.21E+5 \text{ mm}^3$	$S_z = 1.52E+5 \text{ mm}^3$
A = 7810 mm ²		Kroucení a klopení	
A _L = 1.15 m ² .m ⁻¹		$I_w = 1.71E+11 \text{ mm}^6$	$I_t = 5.96E+5 \text{ mm}^4$
G = 61.3 kg.m ⁻¹		i _w = 47.1 mm	i _{pc} = 99.3 mm

[13]

1-3 patro HEB240

HE240B			
Geometrie			
h = 240 mm		Průřezové charakteristiky	
b = 240 mm		Osa y	Osa z
t _f = 17 mm		$I_y = 1.13E+8 \text{ mm}^4$	$I_z = 3.92E+7 \text{ mm}^4$
t _w = 10 mm		$W_{y1} = 9.38E+5 \text{ mm}^3$	$W_{z1} = 3.27E+5 \text{ mm}^3$
r ₁ = 21 mm		$W_{y,pl} = 1.05E+6 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 4.96E+5 \text{ mm}^3$
y _s = 120 mm		i _y = 103 mm	i _z = 60.8 mm
d = 164 mm		$S_y = 5.27E+5 \text{ mm}^3$	$S_z = 2.48E+5 \text{ mm}^3$
A = 1.06E+4 mm ²		Kroucení a klopení	
A _L = 1.38 m ² .m ⁻¹		$I_w = 4.87E+11 \text{ mm}^6$	$I_t = 1.04E+6 \text{ mm}^4$
G = 83.2 kg.m ⁻¹		i _w = 56.6 mm	i _{pc} = 120 mm

[14]

11.5.2. MSÚ vzpěrný tlak3-6. patro HEB 200

Pro kombinaci 6.10:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od střešní kce} + \text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů}) + 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{přetížení od větru}$$

$$N_{Ed} = 31,2 \cdot (2,22 + 10,16 \cdot 2) + 1,5 \cdot 0,61 \cdot 9 + 292,14 = 1003,62 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = 0$$

Pro kombinaci 6.11:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od střešní kce} + \text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů}) + 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška}$$

$$N_{Ed} = 31,2 \cdot (0,61 + 5,74 \cdot 2) + 0,61 \cdot 9 = 382,7 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla směr jízdy} = 20,38 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla kolmo na směr} = 10,42 \text{ kNm}$$

Parametry klopení:

$$\text{Souřadnice aplikovaného zatížení: } z_g = z_a - z_s = 100 - 0 = 100 \text{ mm}$$

Parametr symetrie:

$$\xi_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 0$$

Parametr aplikovaného zatížení:

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,1}{1 \cdot 3} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 2,11$$

Parametr kroucení:

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1 \cdot 3} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 171 \cdot 10^{-9}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 1,95$$

Součinitelé zatížení a podmínky koncových výztuh:

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 1,36 + (1,35 - 1,36) = 1,35$$

$$C_2 = 0,55 \quad C_3 = 0,41 \text{ pro kloubové připojení bez výztuh}$$

Relativní kritický moment:

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j)^2} - (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j) \right)$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,35}{1} \cdot \left(\sqrt{1 + 1,95^2 + (0,55 \cdot 2,11 - 0,41 \cdot 0)^2} - (0,55 \cdot 2,11 - 0,41 \cdot 0) \right) = 1,78$$

Kritický moment:

$$M_{cr} = \frac{\mu_{cr} \cdot \pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{l}$$

$$M_{cr} = \frac{1,78 \cdot \pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}}{3} = 390 \text{ kNm}$$

Srovnávací štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{643 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6}{390000}} = 0,623$$

Parametr klopení:

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,623 - 0,2) + 0,623^2] = 0,738$$

Redukční součinitel:

$$x_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 + \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,738 + \sqrt{0,738^2 + 0,623^2}} = 0,881$$

Parametry vzpěru k ose z:

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{\pi \cdot i_z} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{3000}{\pi \cdot 50,7} \cdot \sqrt{\frac{235}{210000}} = 0,63$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_z = 0,49$

Parametr vzpěru:

$$\phi_z = [1 + \alpha_z(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = [1 + 0,49 \cdot (0,63 - 0,2) + 0,63^2] = 0,804$$

Redukční součinitel:

$$x_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 + \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,804 + \sqrt{0,804^2 + 0,63^2}} = 0,767$$

Parametry vzpěru k ose y:

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{\pi \cdot i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{3000}{\pi \cdot 85,4} \cdot \sqrt{\frac{235}{210000}} = 0,374$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_y = 0,34$

$$\phi_y = \left[1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = [1 + 0,34 \cdot (0,374 - 0,2) + 0,374^2] = 0,6$$

Redukční součinitel:

$$x_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 + \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,6 + \sqrt{0,6^2 + 0,374^2}} = 0,936$$

Základní únosnost průřezu:

Únosnost v tlaku/tahu:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 7,81 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6 = 1835 \text{ kN}$$

Únosnost v ohybu:

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} \cdot f_y = 643 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6 = 151 \text{ kNm}$$

$$M_{Rk,z} = W_{pl,z} \cdot f_y = 306 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6 = 71,9 \text{ kNm}$$

Interakční součinitelé:

Pro kombinaci 6.10:

není potřeba

Pro kombinaci 6.11:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,374 - 0,2) \frac{382700 \cdot 1}{0,936 \cdot 1,835 \cdot 10^6} \right) = 0,935$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,63 - 0,6) \frac{382700 \cdot 1}{0,767 \cdot 1,835 \cdot 10^6} \right) = 1,06$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,06 = 0,637$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,935 = 0,561$$

Posouzení:

Pro kombinaci 6.10:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{1003,62}{0,936 \cdot \frac{1835}{1}} + 0 + 0 = 0,58 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{1003,62}{0,767 \cdot 1835/1} + 0 + 0 = 0,71 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Pro kombinaci 6.11:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{382,7}{0,936 \cdot \frac{1835}{1}} + \frac{0,935 \cdot 10,42}{0,881 \cdot \frac{151}{1}} + \frac{0,637 \cdot 20,38}{\frac{71,9}{1}} = 0,48 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{382,7}{0,767 \cdot 1835/1} + \frac{0,561 \cdot 10,42}{0,881 \cdot 151/1} + \frac{1,06 \cdot 20,38}{71,9/1} = 0,61 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

1-3. patro HEB 240

Pro kombinaci 6.10:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů})$$

$$+ 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{přetížení od sloupů 3 – 6}$$

$$N_{Ed} = 31,2 \cdot (10,16 \cdot 3) + 1,5 \cdot 0,83 \cdot 9 + 1003,62 = 1964,32 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = 0$$

Pro kombinaci 6.11:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů})$$

$$+ 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{přetížení od sloupů 3 – 6}$$

$$N_{Ed} = 31,2 \cdot (5,74 \cdot 3) + 0,83 \cdot 9 + 382,7 = 926,44 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla směr jízdy} = 20,38 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla kolmo na směr} = 10,42 \text{ kNm}$$

Parametry klopení:

$$\text{Souřadnice aplikovaného zatížení: } z_g = z_a - z_s = 120 - 0 = 120 \text{ mm}$$

Parametr symetrie:

$$\xi_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 0$$

Parametr aplikovaného zatížení:

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,12}{1 \cdot 3} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 39,2 \cdot 10^{-6}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 3,54$$

Parametr kroucení:

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1 \cdot 3} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 487 \cdot 10^{-9}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 3,28$$

Součinitelé zatížení a podmínky koncových výztuh:

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 1,36 + (1,35 - 1,36) = 1,35$$

$$C_2 = 0,55 \quad C_3 = 0,41 \text{ pro kloubové připojení bez výztuh}$$

Relativní kritický moment:

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j)^2} - (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j) \right)$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,35}{1} \cdot \left(\sqrt{1 + 13,28^2 + (0,55 \cdot 3,54 - 0,41 \cdot 0)^2} - (0,55 \cdot 3,54 - 0,41 \cdot 0) \right) = 2,7$$

Kritický moment:

$$M_{cr} = \frac{\mu_{cr} \cdot \pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{l}$$

$$M_{cr} = \frac{2,7 \cdot \pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 39,2 \cdot 10^{-6} \cdot 80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}}{3} = 828 \text{ kNm}$$

Srovnávací štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,05 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{828000}} = 0,547$$

Parametr klopení:

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,547 - 0,2) + 0,547^2] = 0,686$$

Redukční součinitel:

$$x_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 + \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,686 + \sqrt{0,686^2 + 0,547^2}} = 0,909$$

Parametry vzpěru k ose z:

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{\pi \cdot i_z} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{3000}{\pi \cdot 60,8} \cdot \sqrt{\frac{235}{210000}} = 0,525$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_z = 0,49$

Parametr vzpěru:

$$\phi_z = \left[1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = [1 + 0,49 \cdot (0,525 - 0,2) + 0,525^2] = 0,829$$

Redukční součinitel:

$$x_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 + \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,829 + \sqrt{0,829^2 + 0,525^2}} = 0,829$$

Parametry vzpěru k ose y:

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{\pi \cdot i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{3000}{\pi \cdot 103} \cdot \sqrt{\frac{235}{210000}} = 0,31$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_y = 0,34$

$$\phi_y = \left[1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = [1 + 0,34 \cdot (0,31 - 0,2) + 0,31^2] = 0,597$$

Redukční součinitel:

$$x_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 + \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,567 + \sqrt{0,567^2 + 0,31^2}} = 0,96$$

Základní únosnost průřezu:

Únosnost v tlaku/tahu:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 0,0106 \cdot 235 \cdot 10^6 = 2491 \text{ kN}$$

Únosnost v ohybu:

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1,05 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6 = 247 \text{ kNm}$$

$$M_{Rk,z} = W_{pl,z} \cdot f_y = 498 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6 = 117 \text{ kNm}$$

Interakční součinitelé:

Pro kombinaci 6.10: není potřeba

Pro kombinaci 6.11:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,31 - 0,2) \frac{926440 \cdot 1}{0,96 \cdot 2,491 \cdot 10^6} \right) = 0,938$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,525 - 0,6) \frac{926440 \cdot 1}{0,767 \cdot 2,491 \cdot 10^6} \right) = 1,08$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,08 = 0,649$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,938 = 0,563$$

Posouzení:

Pro kombinaci 6.10:

$$\frac{N_{ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{1964,32}{0,96 \cdot \frac{2491}{1}} + 0 + 0 = 0,82 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{1964,32}{0,829 \cdot 2491/1} + 0 + 0 = 0,95 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Pro kombinaci 6.11:

$$\frac{N_{ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{926,44}{0,96 \cdot \frac{2491}{1}} + \frac{0,938 \cdot 10,42}{0,909 \cdot \frac{247}{1}} + \frac{0,649 \cdot 20,38}{\frac{117}{1}} = 0,57 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{926,44}{0,829 \cdot 2491/1} + \frac{0,563 \cdot 10,42}{0,909 \cdot 247/1} + \frac{1,08 \cdot 20,38}{117/1} = 0,66 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

11.6. Sloup 2 (krajní sloup)

11.6.1. Průřezové a materiálové charakteristiky

1-3. patro HEB 200

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

3-6. patro HEB 180

HE180B			
Geometrie			
h = 180 mm		Průřezové charakteristiky	
b = 180 mm		Osa y	Osa z
t _f = 14 mm		I _y = 3.83E+7 mm ⁴	I _z = 1.36E+7 mm ⁴
t _w = 8.5 mm		W _{y1} = 4.26E+5 mm ³	W _{z1} = 1.51E+5 mm ³
r ₁ = 15 mm		W _{y,pl} = 4.82E+5 mm ³	W _{z,pl} = 2.30E+5 mm ³
y _s = 90 mm		i _y = 76.6 mm	i _z = 45.7 mm
d = 122 mm		S _y = 2.41E+5 mm ³	S _z = 1.15E+5 mm ³
A = 6530 mm ²		Kroucení a klopení	
A _L = 1.04 m ² .m ⁻¹		I _w = 9.38E+10 mm ⁶	I _t = 4.21E+5 mm ⁴
G = 51.2 kg.m ⁻¹		i _w = 42.5 mm	i _{pc} = 89.2 mm

[15]

11.6.2. MSÚ tlak s ohybem

3-6. patro HEB 180

Pro kombinaci 6.10:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od střešní kce} + \text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů}) + 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{tíha opláštění}$$

$$N_{Ed} = 14,56 \cdot (2,22 + 10,16 \cdot 2) + 1,5 \cdot 0,51 \cdot 9 + 10,3 = 345,37 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = 7,42 \text{ kNm}$$

Pro kombinaci 6.11:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od střešní kce} + \text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů}) + 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{tíha opláštění}$$

$$N_{Ed} = 14,56 \cdot (0,61 + 5,74 \cdot 2) + 0,51 \cdot 9 + 7,56 = 190,92 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla směr jízdy} = 20,38 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla kolmo na směr} = 10,42 \text{ kNm}$$

Parametry klopení:

Souřadnice aplikovaného zatížení: $z_g = z_a - z_s = 80 - 0 = 80 \text{ mm}$

Parametr symetrie:

$$\xi_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 0$$

Parametr aplikovaného zatížení:

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,08}{1 \cdot 3} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 13,6 \cdot 10^{-6}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 1,39$$

Parametr kroucení:

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot l} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1 \cdot 3} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 93,8 \cdot 10^{-9}}{80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}} = 1,44$$

Součinitelé zatížení a podmínky koncových výztuh:

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 1,36 + (1,35 - 1,36) = 1,35$$

$$C_2 = 0,55 \quad C_3 = 0,41 \text{ pro kloubové připojení bez výztuh}$$

Relativní kritický moment:

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j)^2} - (C_2 \cdot \xi_g - C_3 \cdot \xi_j) \right)$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,35}{1} \cdot \left(\sqrt{1 + 1,44^2 + (0,55 \cdot 1,39 - 0,41 \cdot 0)^2} - (0,55 \cdot 1,39 - 0,41 \cdot 0) \right) = 1,55$$

Kritický moment:

$$M_{cr} = \frac{\mu_{cr} \cdot \pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{l}$$

$$M_{cr} = \frac{1,55 \cdot \pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 13,6 \cdot 10^{-6} \cdot 80,8 \cdot 10^9 \cdot 129 \cdot 10^{-9}}}{3}$$

$$= 280 \text{ kNm}$$

Srovnávací štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{481 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6}{280000}} = 0,635$$

Parametr klopení:

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,635 - 0,2) + 0,635^2] = 0,748$$

Redukční součinitel:

$$x_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 + \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,748 + \sqrt{0,748^2 + 0,635^2}} = 0,876$$

Parametry vzpěru k ose z:

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{\pi \cdot i_z} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{3000}{\pi \cdot 45,7} \cdot \sqrt{\frac{235}{210000}} = 0,699$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_z = 0,49$

Parametr vzpěru:

$$\phi_z = \left[1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = [1 + 0,49 \cdot (0,699 - 0,2) + 0,699^2] = 0,867$$

Redukční součinitel:

$$x_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 + \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,867 + \sqrt{0,867^2 + 0,699^2}} = 0,725$$

Parametry vzpěru k ose y:

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{\pi \cdot i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{3000}{\pi \cdot 76,6} \cdot \sqrt{\frac{235}{210000}} = 0,417$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_y = 0,34$

$$\phi_y = \left[1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = [1 + 0,34 \cdot (0,417 - 0,2) + 0,417^2] = 0,624$$

Redukční součinitel:

$$x_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 + \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,624 + \sqrt{0,624^2 + 0,417^2}} = 0,919$$

Základní únosnost průřezu:

Únosnost v tlaku/tahu:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 6,53 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6 = 1533 \text{ kN}$$

Únosnost v ohybu:

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} \cdot f_y = 481 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6 = 113 \text{ kNm}$$

$$M_{Rk,z} = W_{pl,z} \cdot f_y = 231 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6 = 54,3 \text{ kNm}$$

Interakční součinitelé:

Pro kombinaci 6.10:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,417 - 0,2) \frac{345370 \cdot 1}{0,919 \cdot 1,53 \cdot 10^6} \right) = 0,948$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,699 - 0,6) \frac{345370 \cdot 1}{0,725 \cdot 1,53 \cdot 10^6} \right) = 1,12$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,12 = 0,672$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,948 = 0,569$$

Pro kombinaci 6.11:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,417 - 0,2) \frac{190920 \cdot 1}{0,919 \cdot 1,53 \cdot 10^6} \right) = 0,926$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,699 - 0,6) \frac{190920 \cdot 1}{0,725 \cdot 1,53 \cdot 10^6} \right) = 1,02$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,02 = 0,612$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,926 = 0,556$$

Posouzení:

Pro kombinaci 6.10:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{345,37}{0,919 \cdot \frac{1533}{1}} + \frac{0,948 \cdot 7,42}{0,876 \cdot \frac{113}{1}} + 0 = 0,32 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{345,37}{0,725 \cdot \frac{1533}{1}} + \frac{0,569 \cdot 7,42}{0,876 \cdot \frac{113}{1}} + 0 = 0,35 \leq 1,0$$

VYHOVÍ

Pro kombinaci 6.11:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{RK,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{RK,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{190,42}{0,919 \cdot \frac{1533}{1}} + \frac{0,926 \cdot 10,42}{0,876 \cdot \frac{113}{1}} + \frac{0,612 \cdot 20,38}{\frac{54,3}{1}} = 0,46 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{RK,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{RK,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{190,42}{0,725 \cdot \frac{1533}{1}} + \frac{0,556 \cdot 10,42}{0,876 \cdot \frac{113}{1}} + \frac{1,02 \cdot 20,38}{\frac{54,3}{1}} = 0,61 \leq 1,0$$

VYHOVÍ

1-3. patro HEB 200

Pro kombinaci 6.10:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů})$$

$$+ 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{přetížení od sloupů 3 – 6} + \text{tíha opláštění}$$

$$N_{Ed} = 14,56 \cdot (10,16 \cdot 3) + 1,5 \cdot 0,61 \cdot 9 + 345,37 + 10,3 = 807,69 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = 7,42 \text{ kNm}$$

Pro kombinaci 6.11:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů})$$

$$+ 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{přetížení od sloupů 3 – 6} + \text{tíha opláštění}$$

$$N_{Ed} = 14,56 \cdot (5,74 \cdot 3) + 0,61 \cdot 9 + 190,42 + 7,56 = 454,19 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla směr jízdy} = 20,38 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla kolmo na směr} = 10,42 \text{ kNm}$$

Parametry klopení:

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

Parametry vzpěru k ose z:

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

Parametry vzpěru k ose y:

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

Základní únosnost průřezu:

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

Interakční součinitelé:

Pro kombinaci 6.10: není potřeba

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,374 - 0,2) \frac{807690 \cdot 1}{0,936 \cdot 1,83 \cdot 10^6} \right) = 0,974$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,63 - 0,6) \frac{807690 \cdot 1}{0,767 \cdot 1,83 \cdot 10^6} \right) = 1,24$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,24 = 0,744$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,974 = 0,584$$

Pro kombinaci 6.11:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,374 - 0,2) \frac{454190 \cdot 1}{0,936 \cdot 1,83 \cdot 10^6} \right) = 0,941$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,63 - 0,6) \frac{454190 \cdot 1}{0,767 \cdot 1,83 \cdot 10^6} \right) = 1,09$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,09 = 0,655$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,941 = 0,565$$

Posouzení:

Pro kombinaci 6.10:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{807,69}{0,936 \cdot \frac{1835}{1}} + \frac{0,974 \cdot 7,42}{0,881 \cdot \frac{151}{1}} + 0 = 0,52 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{807,69}{0,767 \cdot \frac{1835}{1}} + \frac{0,584 \cdot 7,42}{0,881 \cdot \frac{151}{1}} + 0 = 0,61 \leq 1,0$$

VÝHODÍ

Pro kombinaci 6.11:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{454,19}{0,936 \cdot \frac{1835}{1}} + \frac{0,941 \cdot 10,42}{0,881 \cdot \frac{151}{1}} + \frac{0,655 \cdot 20,38}{\frac{71,9}{1}} = 0,52 \leq 1,0$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}}}{\frac{454,19}{0,767 \cdot \frac{1835}{1}} + \frac{0,568 \cdot 10,42}{0,881 \cdot \frac{151}{1}} + \frac{1,09 \cdot 20,38}{\frac{71,9}{1}}} \leq 1,0$$

VYHOVÍ

11.7. Sloup 3 (krajní sloup)

11.7.1. Průřezové a materiálové charakteristiky

3-6. patro HEB 180

Převzaty z výpočtu sloupu 2.

1-3. patro HEB 200

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

11.7.2. MSÚ tlak s ohybem

3-6. patro HEB 180

Pro kombinaci 6.10:

Normálová síla:

$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od střešní kce} + \text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů}) + 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{tíha opláštění}$

$N_{Ed} = 15,6 \cdot (2,22 + 10,16 \cdot 2) + 1,5 \cdot 0,51 \cdot 9 + 10,3 = 368,81 \text{ kN}$

Ohybový moment:

$M_{Ed} = 8,3 \text{ kNm}$

Pro kombinaci 6.11:

Normálová síla:

$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od střešní kce} + \text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů}) + 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{tíha opláštění}$

$N_{Ed} = 15,6 \cdot (0,61 + 5,74 \cdot 2) + 0,51 \cdot 9 + 7,56 = 200,75 \text{ kN}$

Ohybový moment:

$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla směr jízdy} = 20,38 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla kolmo na směr} = 10,42 \text{ kNm}$

Parametry klopení:

Převzaty z výpočtu sloupu 2.

Parametry vzpěru k ose z:

Převzaty z výpočtu sloupu 2.

Parametry vzpěru k ose y:

Převzaty z výpočtu sloupu 2.

Základní únosnost průřezu:

Převzaty z výpočtu sloupu 2.

Interakční součinitelé:

Pro kombinaci 6.10:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,417 - 0,2) \frac{368810 \cdot 1}{0,919 \cdot 1,53 \cdot 10^6} \right) = 0,951$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,699 - 0,6) \frac{368810 \cdot 1}{0,725 \cdot 1,53 \cdot 10^6} \right) = 1,14$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,14 = 0,683$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,951 = 0,571$$

Pro kombinaci 6.11:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,417 - 0,2) \frac{200750 \cdot 1}{0,919 \cdot 1,53 \cdot 10^6} \right) = 0,928$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,699 - 0,6) \frac{200750 \cdot 1}{0,725 \cdot 1,53 \cdot 10^6} \right) = 1,03$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,03 = 0,618$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,928 = 0,557$$

Posouzení:

Pro kombinaci 6.10:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{368,81}{0,919 \cdot \frac{1533}{1}} + \frac{0,951 \cdot 8,3}{0,876 \cdot \frac{113}{1}} + 0 = 0,34 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{368,81}{0,725 \cdot \frac{1533}{1}} + \frac{0,571 \cdot 8,3}{0,876 \cdot \frac{113}{1}} + 0 = 0,38 \leq 1,0$$

VYHOVÍ

Pro kombinaci 6.11:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{200,75}{0,919 \cdot \frac{1533}{1}} + \frac{0,928 \cdot 10,42}{0,876 \cdot \frac{113}{1}} + \frac{0,618 \cdot 20,38}{\frac{54,3}{1}} = 0,47 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{200,75}{0,725 \cdot \frac{1533}{1}} + \frac{0,557 \cdot 10,42}{0,876 \cdot \frac{113}{1}} + \frac{1,03 \cdot 20,38}{\frac{54,3}{1}} = 0,62 \leq 1,0$$

VYHOVÍ

1-3. patro HEB 200

Pro kombinaci 6.10:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů})$$

$$+ 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{přetížení od sloupů 3 – 6} + \text{tíha opláštění}$$

$$N_{Ed} = 15,6 \cdot (10,16 \cdot 3) + 1,5 \cdot 0,61 \cdot 9 + 368,81 + 10,3 = 862,83 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = 8,3 \text{ kNm}$$

Pro kombinaci 6.11:

Normálová síla:

$$N_{Ed} = A \cdot (\text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů})$$

$$+ 1,5 \cdot \text{vl. tíha sloupu} \cdot \text{výška} + \text{přetížení od sloupů 3 – 6} + \text{tíha opláštění}$$

$$N_{Ed} = 15,6 \cdot (5,74 \cdot 3) + 0,61 \cdot 9 + 200,75 + 7,56 = 482,43 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla směr jízdy} = 20,38 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \text{moment od nárazu vozidla kolmo na směr} = 10,42 \text{ kNm}$$

Parametry klopení:

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

Parametry vzpěru k ose z:

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

Parametry vzpěru k ose y:

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

Základní únosnost průřezu:

Převzaty z výpočtu sloupu 1.

Interakční součinitelé:

Pro kombinaci 6.10:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,374 - 0,2) \frac{862830 \cdot 1}{0,936 \cdot 1,83 \cdot 10^6} \right) = 0,979$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,63 - 0,6) \frac{862830 \cdot 1}{0,767 \cdot 1,83 \cdot 10^6} \right) = 1,26$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,26 = 0,758$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,979 = 0,587$$

Pro kombinaci 6.11:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_y \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,374 - 0,2) \frac{482430 \cdot 1}{0,936 \cdot 1,83 \cdot 10^6} \right) = 0,944$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{m1}}{x_z \cdot N_{Rk}} \right),$$

$$k_{zz} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,63 - 0,6) \frac{482430 \cdot 1}{0,767 \cdot 1,83 \cdot 10^6} \right) = 1,1$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,1 = 0,662$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,944 = 0,566$$

Posouzení:

Pro kombinaci 6.10:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{862,83}{0,936 \cdot \frac{1835}{1}} + 0 + \frac{0,758 \cdot 8,3}{\frac{71,9}{1}} = 0,76 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{826,83}{0,767 \cdot \frac{1835}{1}} + 0 + \frac{1,26 \cdot 8,3}{\frac{71,9}{1}} = 0,73 \leq 1,0$$

VYHOVÍ

Pro kombinaci 6.11:

$$\frac{N_{Ed}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{862,83}{0,936 \cdot \frac{1835}{1}} + \frac{0,941 \cdot 10,42}{0,881 \cdot \frac{151}{1}} + \frac{0,655 \cdot 20,38}{\frac{71,9}{1}} = 0,52 \leq 1,0$$

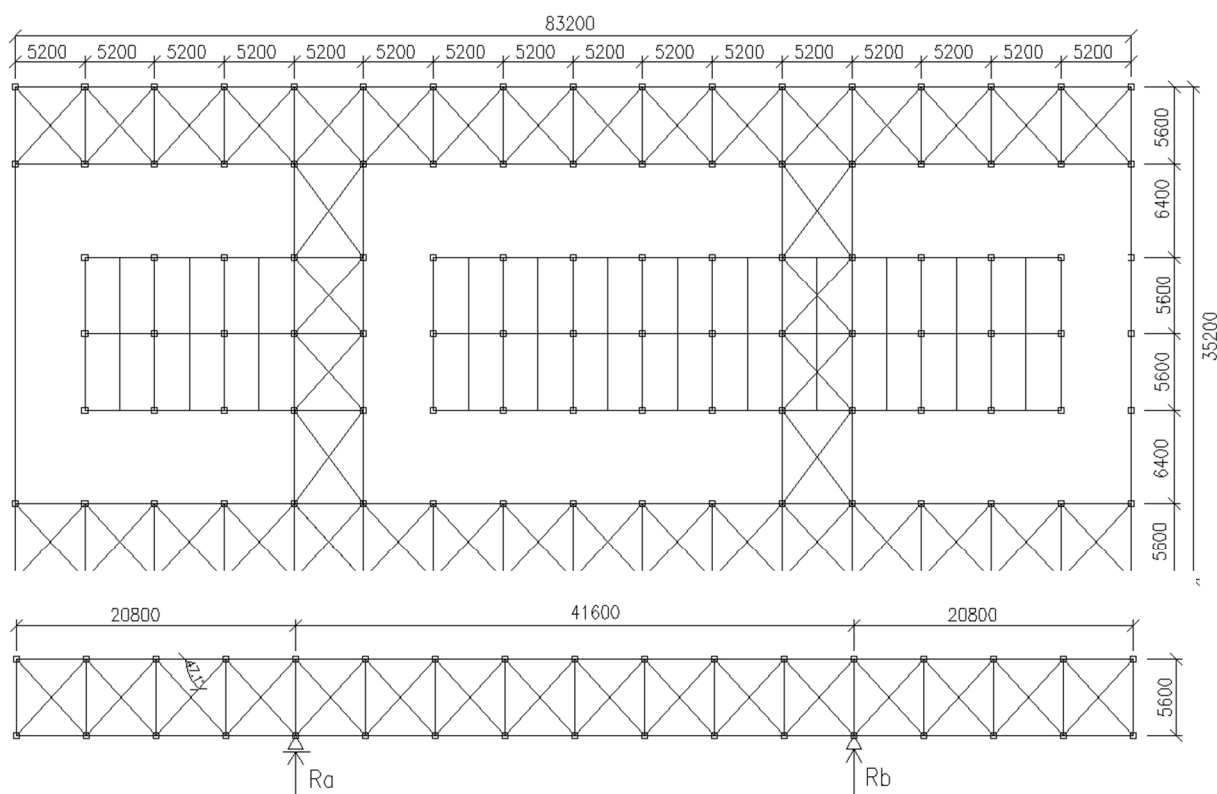
$$\frac{\frac{N_{Ed}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y,Ed}}{\frac{x_{LT} \cdot M_{Rk,y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed}}{\frac{M_{Rk,z}}{\gamma_{M1}}}}{\frac{482,43}{0,767 \cdot \frac{1835}{1}} + \frac{0,566 \cdot 10,42}{0,881 \cdot \frac{151}{1}} + \frac{1,1 \cdot 20,38}{\frac{71,9}{1}}} \leq 1,0$$

$$= 0,70 \leq 1,0$$

VYHOVÍ

12. Střešní ztužidlo

12.1. Geometrie



12.2. Výpočtový model

Uvažováno jako prostý nosník s převislými konci, zatížení třením, tlakem a sáním větru. Podepřený stěnovým ztužidlem.

12.3. Zatížení

Tření větru:

$n = 2 =$ počet ztužidel

Referenční plocha:

$$A_{ref} = 2 \cdot b \cdot l \cdot \frac{v}{2} = 2 \cdot 1,5 \cdot 70,4 \cdot 35,2 = 2689 \text{ m}^2$$

Síla od tření větru:

$$F_{v,TR} = A_{ref} \cdot q_{p(z)} \cdot c = 2689 \cdot 1,1 \cdot 0,04 = 118,32 \text{ kN}$$

Přepočet na jedno ztužidlo:

$$q_{k,tr} = \frac{F_{v,TR}}{n \cdot L} = \frac{118,32}{2 \cdot 83,2} = 0,71 \text{ kN/m}$$

$L = 83,2 \text{ m} = \text{délka budovy}$

Tlak a sání větru na jedno ztužidlo:

$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$		w_k [kN/m ²]	typ a označení
1,1	D	0,74	0,82	TLAK $w_{k,d}$
1,1	E	-0,37	-0,41	SÁNÍ $w_{k,e}$

$$w_{k,d,ztuž} = (w_{k,d} \cdot \frac{v}{2})/n = (0,82 \cdot \frac{1,5}{2})/2 = 0,61 \text{ kN/m Tlak}$$

$$w_{k,e,ztuž} = (w_{k,e} \cdot \frac{v}{2})/n = (-0,41 \cdot \frac{1,5}{2})/2 = |-0,31| \text{ kN/m Sání}$$

$v = 3,0 \text{ m} = \text{výška podlaží}$

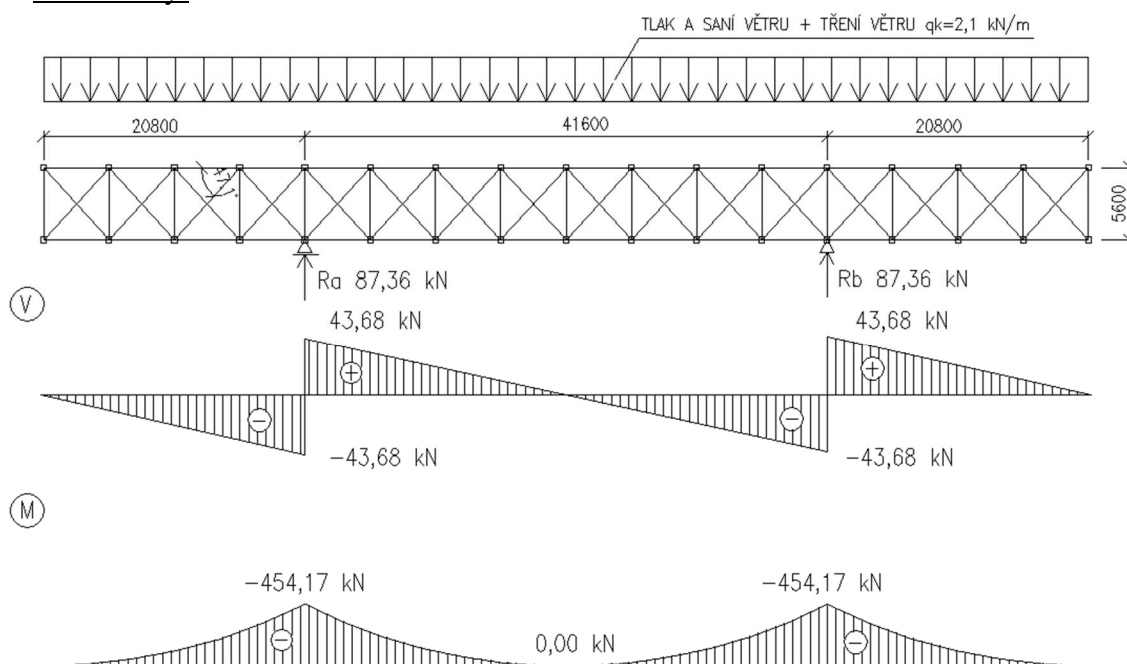
12.4. Kombinace a vnitřní síly

Kombinace zatížení 6.10:

$$q_{ed} = 1,5 \cdot (q_{k,tr} + \psi_0(w_{k,d,ztuž} + w_{k,e,ztuž}))$$

$$q_{ed} = 1,5 \cdot (0,71 + 0,6 \cdot (0,31 + 0,61)) = 2,1 \text{ kN/m}$$

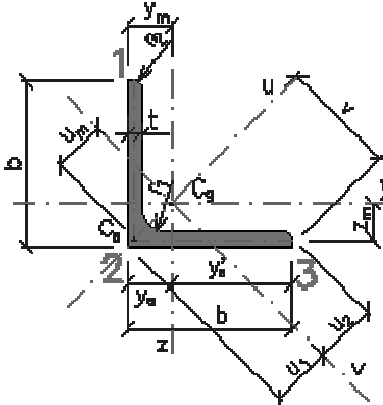
Vnitřní síly:



Síla v diagonále:

$$N_{Ed} = \frac{|V_{ed,max}|}{\sin \alpha} = \frac{43,68}{\sin 47,1^\circ} = 59,63 \text{ kN}$$

12.5. Materiálové a průřezové charakteristiky

L 55x55x5			
Geometrie			
		Průřezové charakteristiky k lokálním osám	
		Osa y	Osa z
		$I_y = 1.47E+5 \text{ mm}^4$	$I_z = 1.47E+5 \text{ mm}^4$
		$W_{y1} = 3697 \text{ mm}^3$	$W_{z3} = 3697 \text{ mm}^3$
		$W_{y2} = 9685 \text{ mm}^3$	$W_{z2} = 9685 \text{ mm}^3$
		$i_y = 16.6 \text{ mm}$	$i_z = 16.6 \text{ mm}$
		Průřezové charakteristiky k hlavním osám	
		Osa u	Osa v
		$I_u = 2.34E+5 \text{ mm}^4$	$I_v = 6.06E+4 \text{ mm}^4$
$b = 55 \text{ mm}$	$A = 531.9 \text{ mm}^2$	$W_{u1} = 6009 \text{ mm}^3$	$W_{v2} = 2820 \text{ mm}^3$
$t = 5 \text{ mm}$	$G = 4.175 \text{ kg.m}^{-1}$	$i_u = 21 \text{ mm}$	$W_{v3} = 3142 \text{ mm}^3$
$r_1 = 8 \text{ mm}$	$A_L = 0.2131 \text{ m}^2.\text{m}^{-1}$	$u_m = 18 \text{ mm}$	$i_v = 10.7 \text{ mm}$
$r_2 = 4 \text{ mm}$	$v = 38.9 \text{ mm}$	Kroucení a klopení	
$y_s = 15.2 \text{ mm}$	$u_1 = 21.5 \text{ mm}$	$I_t = 4524 \text{ mm}^4$	$i_{pc} = 23.5 \text{ mm}$
$y'_s = 39.8 \text{ mm}$	$u_2 = 19.3 \text{ mm}$	$I_{yz} = 8.66E+4 \text{ mm}^4$	$i_{pa} = 29.6 \text{ mm}$

[16]

12.6. MSÚ diagonály tah

Únosnost v tahu:

$$N_{pl.Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{532 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6}{1} = 125 \text{ kN}$$

Posouzení:

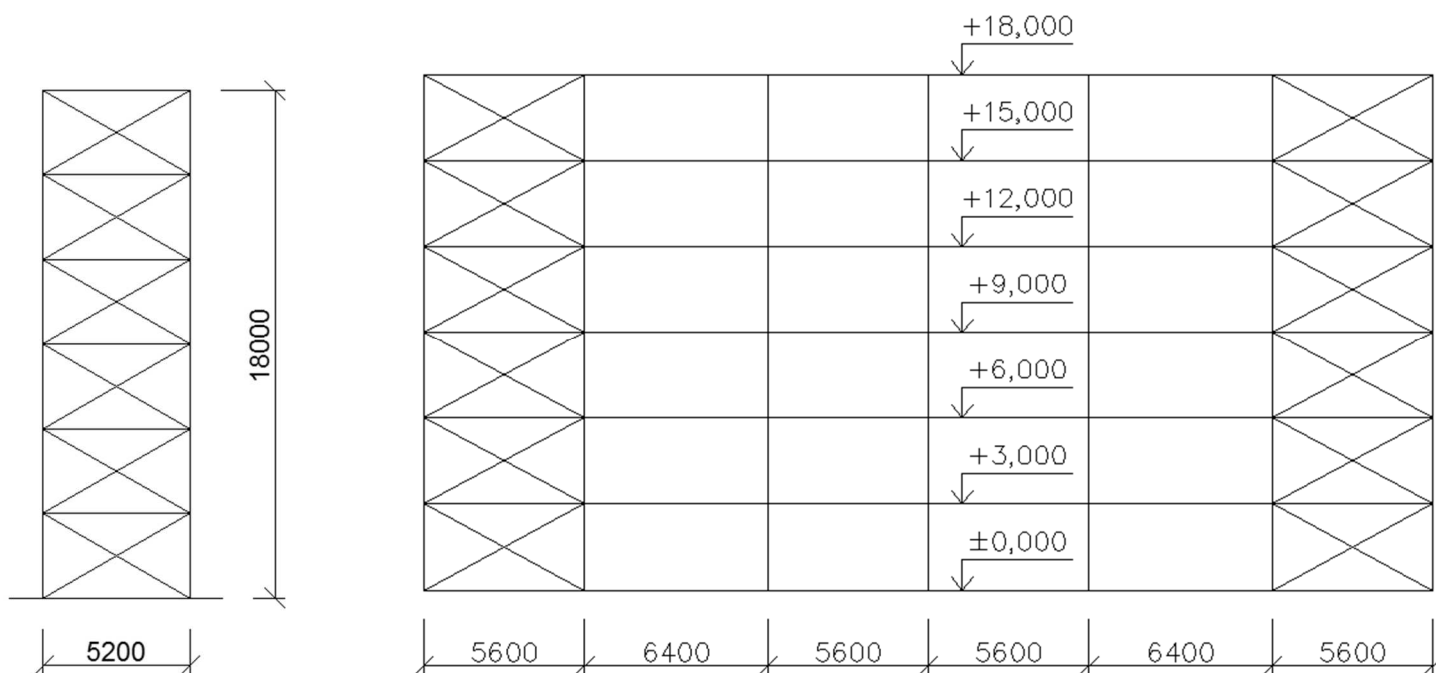
$$N_{pl.Rd} = 125 \text{ kN} > N_{Ed} = 59,63 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Příčné střešní ztužidlo stejného profilu diagonály, zatížené menší intenzitou zatížení také vyhoví.

13. Stěnové ztužidlo

13.1. Geometrie



13.2. Výpočtový model

Uvažováno jako konzola o výšce 18,0 m, zatížená reakcí od střešního ztužidla, tlakem a sáním větru.

Zatěžovací šířka je rovna délce budovy: 83,2 m

Zatěžovací výška je rovna výšce budovy: 18,0 m

13.3. Zatížení

Reakce od střešního ztužidla:

$$R_a = R_b = 87,36 \text{ kN}$$

Tlak a sání větru na jedno ztužidlo:

$n = 4$ = počet ztužidel

$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$		w_k [kN/m ²]	typ a označení
1,1	D	0,74	0,82	TLAK $w_{k,d}$
1,1	E	-0,37	-0,41	SÁNÍ $w_{k,e}$

$$w_{k,d,ztuž} = (w_{k,d} \cdot L)/n = (0,82 \cdot 83,2)/4 = 16,85 \text{ kN/m Tlak}$$

$$w_{k,e,ztuž} = (w_{k,e} \cdot L)/n = (-0,41 \cdot 83,2)/4 = |-8,53| \text{ kN/m Sání}$$

$$L = 83,2 \text{ m} = \text{délka budovy}$$

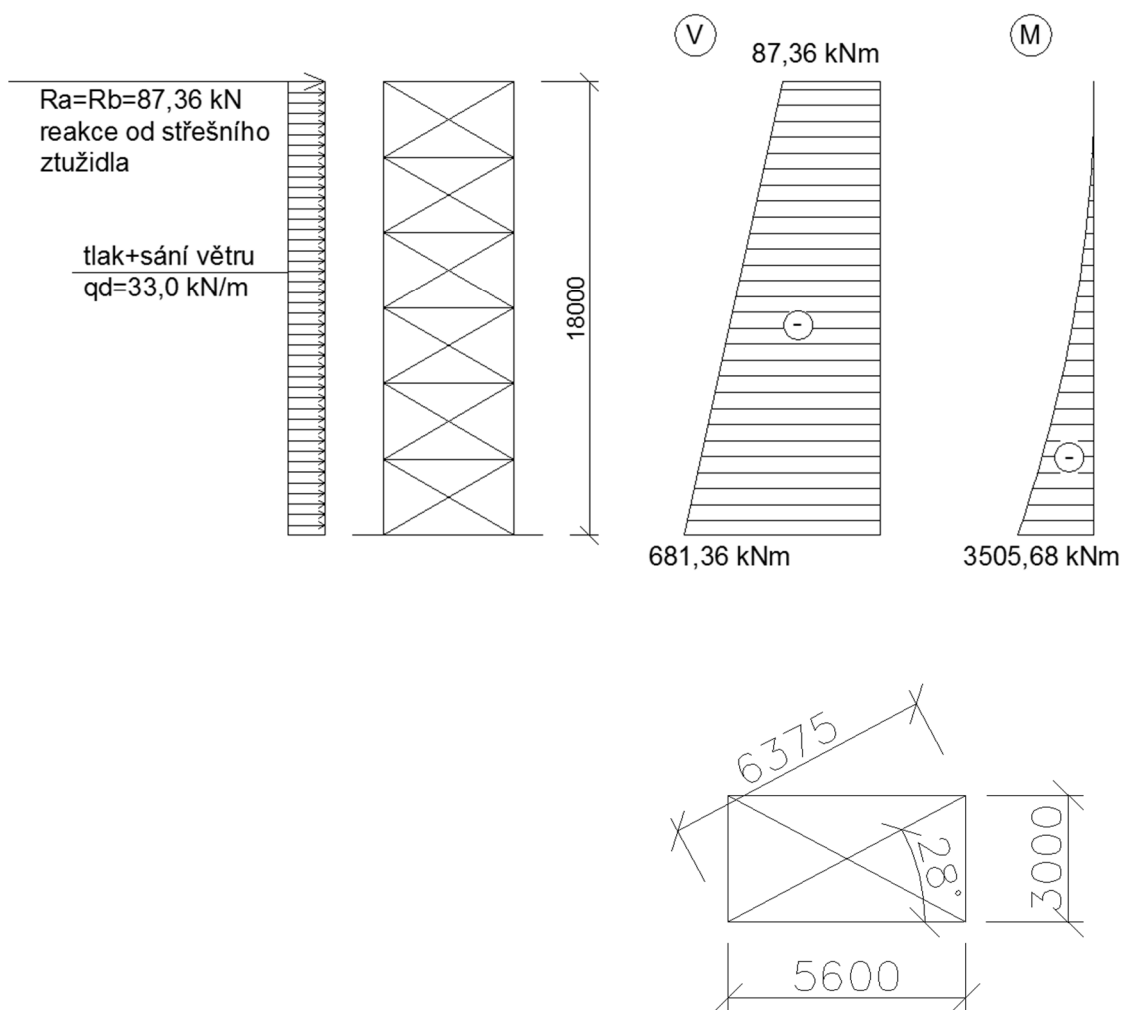
13.4. Kombinace a vnitřní síly

Kombinace zatížení 6.10:

$$q_{ed} = 1,5 \cdot (w_{k,d,ztuž} + \psi_0 w_{k,e,ztuž})$$

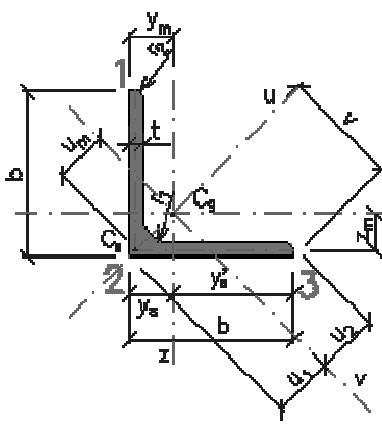
$$q_{ed} = 1,5 \cdot (16,85 + 0,6 \cdot 8,53) = 33,0 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed} = \frac{|V_{ed,max}|}{\sin \alpha} = \frac{681,36}{\sin 28^\circ} = 771,69 \text{ kN}$$



13.5. Materiálové a průřezové charakteristiky

2 kusy L 120x120x12

L 120x120x12			
Geometrie			
		Průřezové charakteristiky k lokálním osám	
		Osa y	Osa z
		$I_y = 3.68E+6 \text{ mm}^4$	$I_z = 3.68E+6 \text{ mm}^4$
		$W_{y1} = 4.27E+4 \text{ mm}^3$	$W_{z3} = 4.27E+4 \text{ mm}^3$
		$W_{y2} = 1.08E+5 \text{ mm}^3$	$W_{z2} = 1.08E+5 \text{ mm}^3$
		$i_y = 36.5 \text{ mm}$	$i_z = 36.5 \text{ mm}$
		Průřezové charakteristiky k hlavním osám	
		Osa u	Osa v
		$I_u = 5.84E+6 \text{ mm}^4$	$I_v = 1.51E+6 \text{ mm}^4$
$b = 120 \text{ mm}$	$A = 2754 \text{ mm}^2$	$W_{u1} = 6.89E+4 \text{ mm}^3$	$W_{v2} = 3.14E+4 \text{ mm}^3$
$t = 12 \text{ mm}$	$G = 21.62 \text{ kg.m}^{-1}$	$i_u = 46.1 \text{ mm}$	$W_{v3} = 3.54E+4 \text{ mm}^3$
$r_1 = 13 \text{ mm}$	$A_L = 0.4688 \text{ m}^2.\text{m}^{-1}$	$u_m = 39.5 \text{ mm}$	$i_v = 23.4 \text{ mm}$
$r_2 = 6.5 \text{ mm}$	$v = 84.9 \text{ mm}$	Kroucení a klopení	
$y_s = 34 \text{ mm}$	$u_1 = 48 \text{ mm}$	$I_t = 1.35E+5 \text{ mm}^4$	$i_{pc} = 51.7 \text{ mm}$
$y'_s = 86 \text{ mm}$	$u_2 = 42.6 \text{ mm}$	$I_{yz} = 2.17E+6 \text{ mm}^4$	$i_{pa} = 65.1 \text{ mm}$

[17]

13.6. MSÚ tah diagonály

Únosnost v tahu:

$$N_{pl.Rd} = \frac{2 \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{2 \cdot 2,754 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1} = 1294,38 \text{ kN}$$

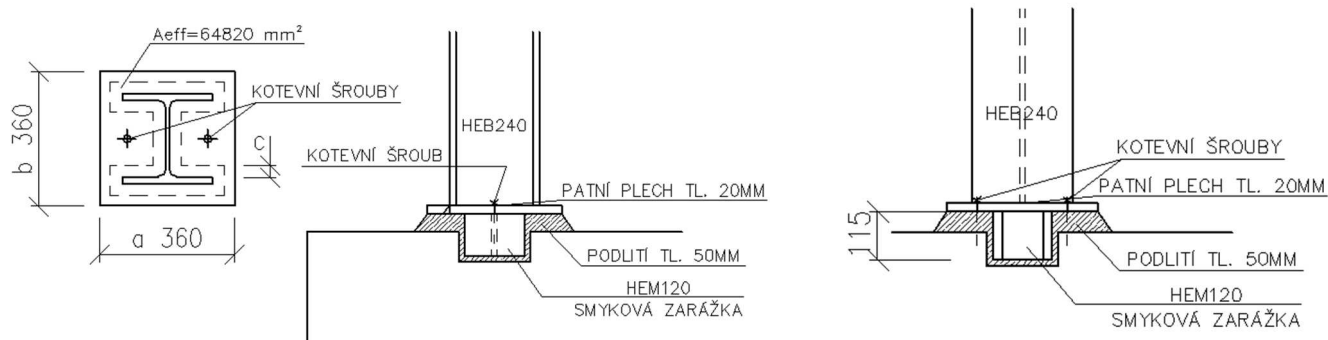
Posouzení:

$$N_{pl.Rd} = 1294,38 \text{ kN} > N_{Ed} = 771,69 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

14. Kotvení sloupů

14.1. Geometrie



Rozměr ocelové patní desky: $a \cdot b = 360 \cdot 360 \text{ mm}$, $tl. 20 \text{ mm}$

Rozměr betonové základové patky: $a_c = b_c = 1000 \text{ mm}$ $h_c = 900 \text{ mm}$

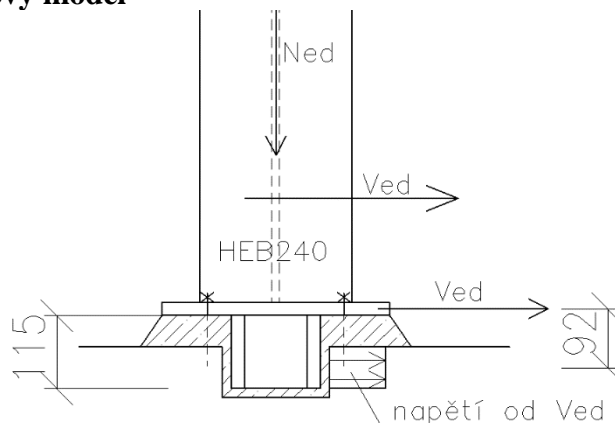
Tloušťka podlití: 50 mm

Kotevní šrouby: 2 ks

Smyková zarážka HEM 120:

HE120M			
Geometrie			
$h = 140 \text{ mm}$		Průřezové charakteristiky	
$b = 126 \text{ mm}$		Osa y	Osa z
$t_f = 21 \text{ mm}$		$I_y = 2.02\text{E}+7 \text{ mm}^4$	$I_z = 7.03\text{E}+6 \text{ mm}^4$
$t_w = 12.5 \text{ mm}$		$W_{y1} = 2.88\text{E}+5 \text{ mm}^3$	$W_{z1} = 1.12\text{E}+5 \text{ mm}^3$
$r_1 = 12 \text{ mm}$		$W_{y,pl} = 3.51\text{E}+5 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 1.72\text{E}+5 \text{ mm}^3$
$y_s = 63 \text{ mm}$		$i_y = 55.1 \text{ mm}$	$i_z = 32.5 \text{ mm}$
$d = 74 \text{ mm}$		$S_y = 1.75\text{E}+5 \text{ mm}^3$	$S_z = 8.58\text{E}+4 \text{ mm}^3$
$A = 6641 \text{ mm}^2$		Kroucení a klopení	
$A_L = 0.74 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$		$I_w = 2.48\text{E}+10 \text{ mm}^6$	$I_t = 9.17\text{E}+5 \text{ mm}^4$
$G = 52.1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$		$i_w = 30.18 \text{ mm}$	$i_{pc} = 64.01 \text{ mm}$

[18]

14.2. Výpočtový model**14.3. Zatížení a kombinace vnitřních sil**

Nejmenší kombinace pro svislé zatížení:

vlastní tíha + sání větru

zatížení od střešní konstrukce: (na m²)

$$1,0 \cdot (ZS1 + ZS5 + ZS6 + ZS13) + 1,5 \cdot (ZS3) = 1,0(0,16 + 0,13 + 0,07 + 0,25) + 1,5(-1,98) = -1,62 \text{ kN/m}$$

zatížení od stropní konstrukce: (na m²)

$$1,0 \cdot (ZS7 + ZS8 + ZS9 + ZS10 + ZS11 + ZS13) = 1,0(0,11 + 0,06 + 0,16 + 2,31 + 0,75 + 0,25) = 3,64 \text{ kN/m}$$

Nejmenší normálová síla:

$N_{ed,min} = A \cdot (\text{zat. od střešní kce} + \text{zat. od stropní kce} \cdot \text{počet stropů}) + \text{vl. tíha sloupů}$

$$N_{ed,min} = 31,2 \cdot (-1,63 + 3,64 \cdot 5) + 0,61 \cdot 9 + 0,83 \cdot 9 = 529,9 \text{ kN}$$

Největší normálová síla

Převzato z výpočtu sloupů 1.

Posouvající síla od ztužidla:

$$V_{Ed} = \frac{\text{pos. síla od ztužidla}}{\text{počet sloupů}} = \frac{681,36}{2} = 340,68 \text{ kN}$$

14.4. MSÚ posouzení tlak rozhraní patka – plech

Únosnost betonu v soustředném tlaku:

Beton C25/20

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa} \quad f_{ck} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{25}{1,5} = 16,66 \text{ MPa}$$

$$a_2 = \min\{3a, a + h_c, a_c\} = \min\{1080, 1360, 1000\} = 1000 \text{ mm}$$

$$b_2 \geq 1000 \text{ mm}$$

$$h \geq \left(\frac{a_2 - a}{b_2 - b} \right) \dots 640 \text{ mm}$$

$$a_2 < 3a \quad 1000 < 1080$$

$$b_2 < 3b \quad 1000 < 1080$$

$$\beta_j = \frac{2}{3} \text{ součinitel vlivu podlití, pevnost malty } f_{md} \geq 0,2 \cdot f_{cd}$$

$$f_{rd,u} = f_{cd} \sqrt{\frac{A}{A}} = 16,66 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot 1000}{360 \cdot 360}} = 46,27 \text{ MPa}$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{rd,u} = \frac{2}{3} \cdot 36,9 = 30,85 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha patky:

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{m0}}} = 0,022 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 30,85 \cdot 1}} = 35,0 \text{ mm}$$

Napětí od normálové síly sloupů a posouzení:

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{1964,32}{64820} \cdot 10^3 = 30,3 \text{ MPa} < f_{jd} = \beta_j = 30,85 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

14.5. MSÚ posouvající síla, smyková zarážka

Smyková únosnost třením:

Součinitel tření:

$$c_{fd} = 0,2 \text{ pro rozhraní beton - ocelový patní plech}$$

Návrhová smyková únosnost ve tření:

$$V_{Rd,fd} = N_{Ed,min} \cdot c_{fd} = 529,9 \cdot 0,2 = 105,98 \text{ kN} < V_{ed} = 340,68 \text{ kN}$$

NEVYHOVÍ nutno navrhnout smykovou zarážku

Sloupy, které nejsou součástí ztužidla vyhoví na posouvající sílu od nárazu vozidla 50 kN.

Smyková a ohybová únosnost zarážky:

Posouvající síla na smykovou zarážku:

$$V_{Ed,z} = |V_{Rd,fd} - V_{Ed}| = |105,98 - 340,68| = 234,7 \text{ kN}$$

Únosnost v ohybu s vlivem smyku:

Moment působící na zarážku:

$$M_{Ed} = e \cdot V_{Ed,z} = 0,092 \cdot 234,7 = 42,59 \text{ kNm}$$

Plastická únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1 \cdot \sqrt{3}} = 288 \text{ kN} > V_{Ed,z} = 234,7 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Smyková plocha průřezu:

$$A_v = 2120 \text{ mm}$$

Redukční součinitel:

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 234700}{288000} - 1 \right)^2 = 0,399$$

Redukovaná mez kluzu:

$$f_{y,red} = f_y \cdot (1 - \rho) = 235 \cdot (1 - 0,399) = 141 \text{ MPa}$$

Únosnost v ohybu:

$$M_{Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{y,red}}{\gamma_{M0}} = \frac{351 \cdot 10^{-6} \cdot 141 \cdot 10^6}{1,0} = 49,5 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,y} = 49,5 \text{ kNm} > M_{ed} = 21,95 \text{ kNm}$$

VYHOVÍÚnosnost v otlačení betonu

Plocha zarážky:

$$A_z = b \cdot h = 126 \cdot 65 = 8190 \text{ mm}^2$$

$b = 126 \text{ mm}$ minimální šířka zarážky

$h = 65 \text{ mm}$ výška zarážky

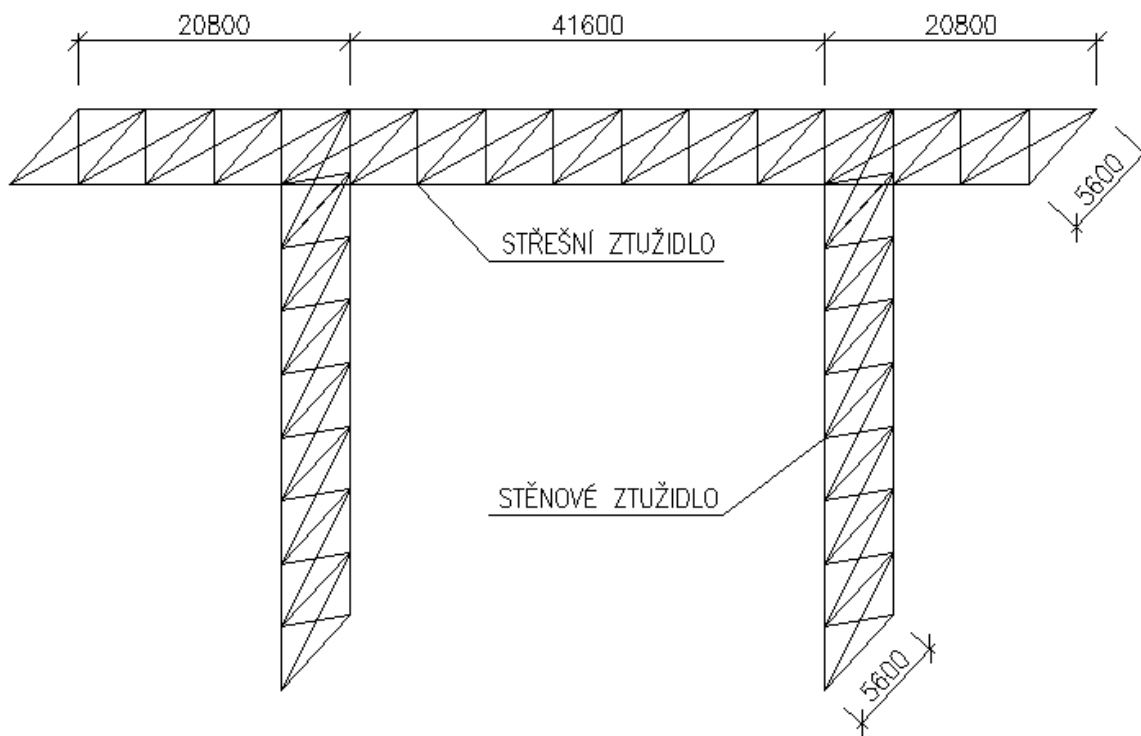
Napětí od posouvající síly:

$$\sigma_{ed} = \frac{N_{ed}}{A_{eff}} = \frac{234,7}{8190} \cdot 10^3 = 28,66 \text{ MPa} < f_{jd} = \beta_j = 30,85 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

15. MSP sloupů, ztužidla a konstrukce jako celku

15.1. Geometrie



15.2. Výpočtový model

Stěnové ztužidlo rozděleno na dvě konzoly o výšce odstupňování sloupů 9,0 m. Zatíženo účinkem větru a reakcemi od střešního ztužidla.

Střešní ztužidlo je uvažováno jako prostý nosník s převislými konci, podepřený stěnovým ztužidlem a zatížený účinkem větru.

15.3. Zatížení a kombinace

Převzato z výpočtu střešního ztužidla.

Charakteristická kombinace pro střešní ztužidlo:

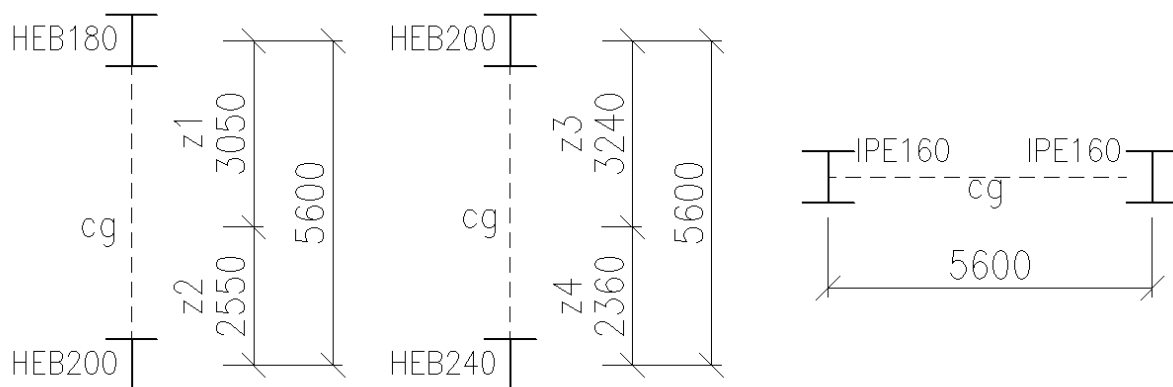
$$q_k = (q_{k,tr} + w_{k,d,ztuž} + w_{k,e,ztuž})$$

$$q_k = (0,71 + (0,31 + 0,61)) = 1,63 \text{ kN/m}$$

Charakteristická kombinace pro stěnové ztužidlo:

$$q_k = (w_{k,d,ztuž} + w_{k,e,ztuž})$$

$$q_k = (16,85 + 8,53) = 25,38 \text{ kN/m}$$

15.4. Průřezové charakteristiky**Stěnové ztužidlo:**

Poloha těžiště:

$$c_{g1} = \frac{A_{HEB180} \cdot l}{A_{HEB180} + A_{HEB200}} = \frac{6530 \cdot 5,6}{6530 + 7810} = 2,55 \text{ m}$$

$$c_{g2} = \frac{A_{HEB200} \cdot l}{A_{HEB200} + A_{HEB240}} = \frac{7810 \cdot 5,6}{10600 + 7810} = 2,36 \text{ m}$$

Moment setrvačnosti stěnového ztužidla:

$$I_{y,1} = (I_{y,HEB180} + A_{HEB180} \cdot z_1^2) + (I_{y,HEB200} + A_{HEB200} \cdot z_2^2)$$

$$= (3830 \cdot 10^4 + 6530 \cdot 3050^2) + (5700 \cdot 10^4 + 7810 \cdot 2550^2)$$

$$= 1,12 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$I_{y,2} = (I_{y,HEB200} + A_{HEB200} \cdot z_3^2) + (I_{y,HEB240} + A_{HEB240} \cdot z_4^2)$$

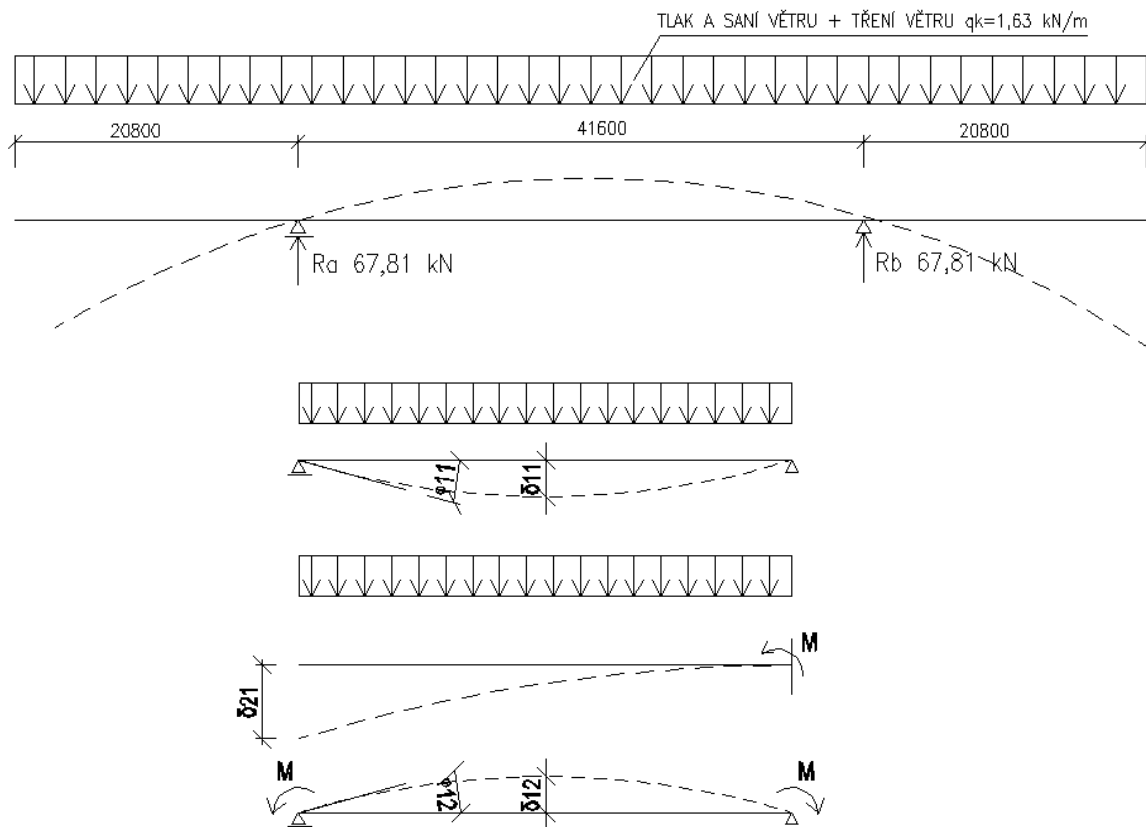
$$= (5700 \cdot 10^4 + 7810 \cdot 3240^2) + (11300 \cdot 10^4 + 10600 \cdot 2360^2) = 1,41 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$$

Střešní ztužidlo:

Moment setrvačnosti střešního ztužidla:

$$I_{z,1} = 2 \cdot \left(I_{y,IPE160} + A_{IPE160} \cdot \frac{l}{2} \right) = 2 \cdot (86,9 \cdot 10^4 + 20,1 \cdot 10^2 \cdot 2800^2)$$

$$= 3,15 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

15.5. Výpočet deformací:Střešní ztužidlo:

Deformace a pootočení:

$$\delta_{11} = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 1,63 \cdot 41600^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,15 \cdot 10^{10}} = 9,6 \text{ mm}$$

$$\varphi_{11} = \frac{q \cdot l^3}{24 \cdot E \cdot I} = \frac{1,63 \cdot 41600^3}{24 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,15 \cdot 10^{10}} = 7,39 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\delta_{21} = \frac{q \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{1,63 \cdot 20800^4}{8 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,15 \cdot 10^{10}} = 5,77 \text{ mm}$$

$$\varphi_{12} = \frac{M \cdot l}{2 \cdot E \cdot I} = \frac{-352,6 \cdot 10^6 \cdot 41600}{2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,15 \cdot 10^{10}} = -1,108 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

$$M = 0,5 \cdot q_k \cdot 20,8^2 = 0,5 \cdot 1,63 \cdot 20,8^2 = 352,6 \text{ kNm}$$

Celkové pootočení:

$$\varphi_2 = \varphi_{11} + \varphi_{12} = 7,39 \cdot 10^{-4} + (-1,108 \cdot 10^{-3}) = -3,69 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

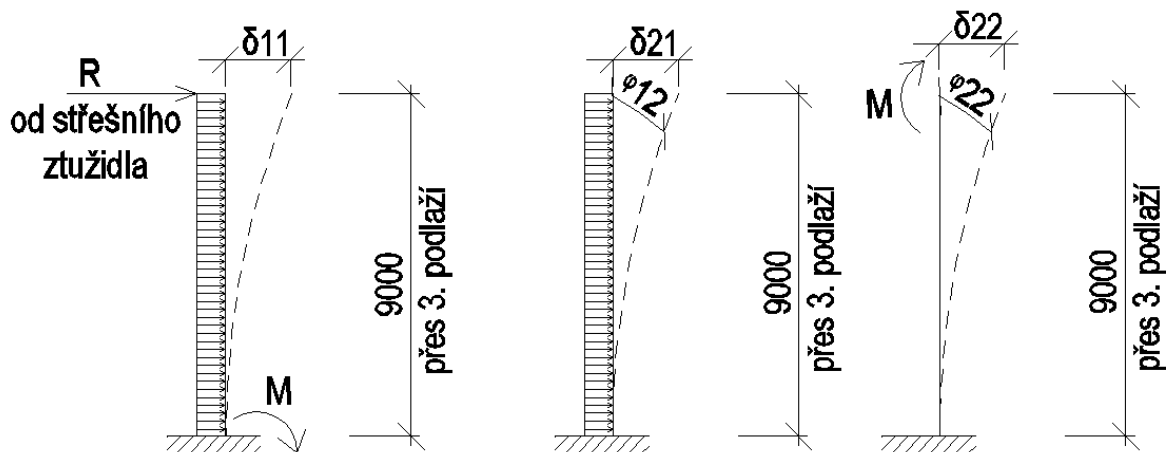
Deformace od pootočení:

$$\delta_{22} = -3,69 \cdot 10^{-4} \cdot 20800 = -7,68 \text{ mm}$$

Celková deformace střešního ztužidla:

$$\delta_v = 5,77 + 7,68 = 13,45 \text{ mm}$$

Stěnové ztužidlo:



Reakce od střešního ztužidla:

$$R = 67,81 \text{ kN}$$

$$M = 0,5 \cdot q_k \cdot 9^2 = 0,5 \cdot 25,38 \cdot 9^2 = 1027,9 \text{ kNm}$$

Deformace a pootočení 3-6 podlaží:

$$\delta_{11q} = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{67,81 \cdot 9000^3}{3 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,12 \cdot 10^{11}} = 0,001 \text{ mm}$$

$$\delta_{11F} = \frac{q \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{25,38 \cdot 9000^4}{8 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,12 \cdot 10^{11}} = 0,88 \text{ mm}$$

Celková deformace:

$$\delta_{11} = \delta_{11F} + \delta_{11q} = 0,001 + 0,88 = 0,881 \text{ mm}$$

Deformace a pootočení 1-3 podlaží:

$$\delta_{21} = \frac{q \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{25,38 \cdot 9000^4}{8 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 10^{11}} = 0,7 \text{ mm}$$

$$\varphi_{21} = \frac{q \cdot l^3}{6 \cdot E \cdot I} = \frac{25,38 \cdot 9000^3}{6 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 10^{11}} = 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

$$\delta_{22} = \frac{M \cdot l^2}{2 \cdot E \cdot I} = \frac{1027,9 \cdot 10^6 \cdot 9000^2}{2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 10^{11}} = 1,41 \text{ mm}$$

$$\varphi_{22} = \frac{M \cdot l}{E \cdot I} = \frac{1027,9 \cdot 10^6 \cdot 9000}{210 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 10^{11}} = 3,12 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

Celkové pootočení:

$$\varphi_1 = \varphi_{21} + \varphi_{22} = 1,04 \cdot 10^{-5} + 3,12 \cdot 10^{-4} = 3,224 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

Deformace od pootočení:

$$\delta_{12} = \varphi_1 \cdot l = 3,224 \cdot 10^{-4} \cdot 9000 = 2,9 \text{ mm}$$

Celková deformace stěnového ztužidla:

$$\delta_s = \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{21} + \delta_{22} = 0,881 + 2,9 + 0,7 + 1,41 = 5,89 \text{ mm}$$

Pro sloupy v podlaží

$$\delta_{LIM} = \frac{h}{500} = \frac{3000}{500} = 6,0 \text{ mm} > 5,89 \text{ mm}$$

VYHOVÍ

Pro sloupy pro celou výšku budovy:

$$\delta_{LIM} = \frac{h}{300} = \frac{18000}{300} = 60 \text{ mm} > 5,89 \text{ mm}$$

VYHOVÍ

15.6. Posouzení

Celková deformace ztužidel:

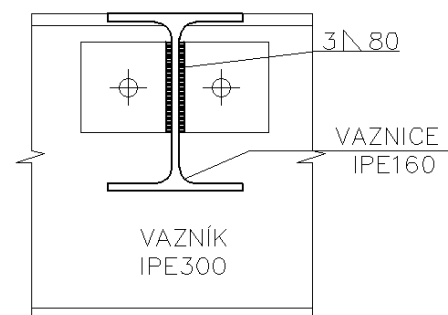
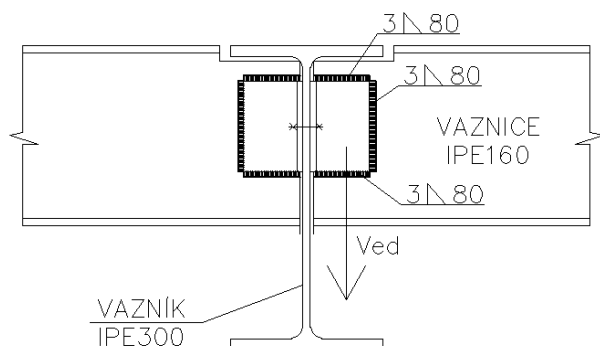
$$h = 18,0 \text{ m} = \text{výška budovy}$$

$$\delta = \delta_s + \delta_v = 5,89 + 13,45 = 19,34 \text{ mm} < \delta_{LIM} = \frac{h}{400} = \frac{18000}{400} = 45 \text{ mm}$$

VYHOVÍ

16. Přípoj vaznice na vazník

16.1. Geometrie



Čelní deska:

Úpalek z L 50x50x5

Tloušťka čelní desky: $t = 5 \text{ mm}$

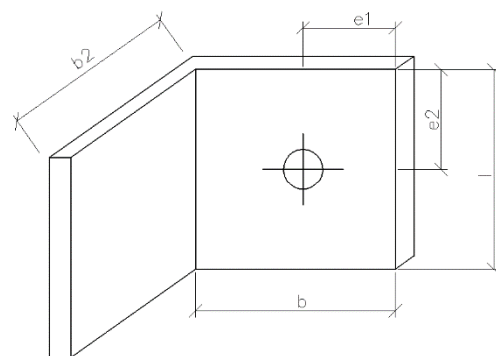
Výška čelní desky: $l = 50 \text{ mm}$

Šířka čelní desky: $b = 50 \text{ mm}$

Šířka $b_2 = 50 \text{ mm}$

Vzdálenost osy šroubů od okraje: $e_1 = e_2 = 25 \text{ mm}$

Účinná výška svaru: $a = 3 \text{ mm}$



16.2. Zatížení

Posouvající síla od vaznice:

$$V_{Ed} = 8,57 \text{ kN}$$

16.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Čelní deska

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

Šrouby:

M12 5.6.

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa} \quad f_u = 360 \text{ MPa} \quad A = 133 \text{ mm}^2 \quad d = 12 \text{ mm} \quad d_0 = 13 \text{ mm}$$

16.4. Posouzení šroubů

Únosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 500 \cdot 113}{1,25} \cdot 10^{-3} = 54,24 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{8,57}{54,24} = 0,16 \leq 1,0$$

VYHOVÍÚnosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot A \cdot d \cdot t \cdot n}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 360 \cdot 0,012 \cdot 5 \cdot 2}{1,25} = 86,4 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{l}{3 \cdot d_o}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{40}{3 \cdot 13}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = 1,0$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{8,57}{86,4} = 0,11 \leq 1,0$$

VYHOVÍ**16.5. Posouzení svaru**

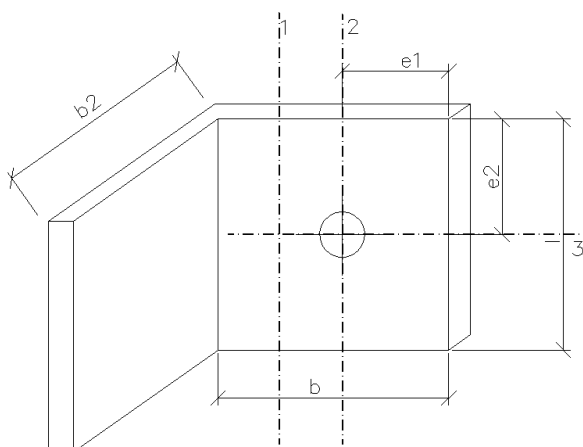
Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{II} = \frac{\frac{V_{Ed}}{2}}{l \cdot a} = \frac{\frac{8,57}{2}}{80 \cdot 3} = 17,85 \text{ MPa}$$

Posouzení:

 $\beta = 0,9$ součinitel korelace

$$\tau_{II} = 17,85 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 184,75 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ**16.6. Posouzení čelní desky**Řez č.1

Návrhová smyková únosnost plného průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{400 \cdot 235}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 43,4 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{8,57}{2} = 4,23 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Smyková plocha:

$$A_v = l \cdot t = 80 \cdot 5 = 400 \text{ mm}^2$$

Řez č.2

Návrhová smyková únosnost oslabeného průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_{v,net} \cdot f_u}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{335 \cdot 360}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 55,7 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{8,57}{2} = 4,23 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Oslabená smyková plocha:

$$A_{v,net} = t \cdot (l - n \cdot d_0) = 5 \cdot (80 - 1 \cdot 13) = 335 \text{ mm}^2$$

$n = 1$ počet děr

Řez č.3

Efektivní smyková plocha:

$$A_{eff} = L_{eff} \cdot t = 50 \cdot 5 = 250 \text{ mm}^2$$

$$L_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} L_v + L_1 + L_2 \\ L_v + a_1 + a_3 \\ (L_v + a_1 + a_3 - n \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 25 + 28,4 \\ 0 + 25 + 25 \\ (0 + 25 + 25 - 1 \cdot 13) \cdot \frac{360}{235} \end{array} \right\}$$

$$L_{eff} = 50 \text{ mm}$$

$$L_2 = (a_2 - k \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} = (25 - 0,5 \cdot 13) \cdot \frac{360}{235} = 28,34$$

$L_v = 0$ osová vzdálenost šroubů

$L_1 = a_1 = a_2 = a_3 = e1 = e2 = 25 \text{ mm}$ vzdálenost osy otvoru od hran desky

$n = 1$ počet děr

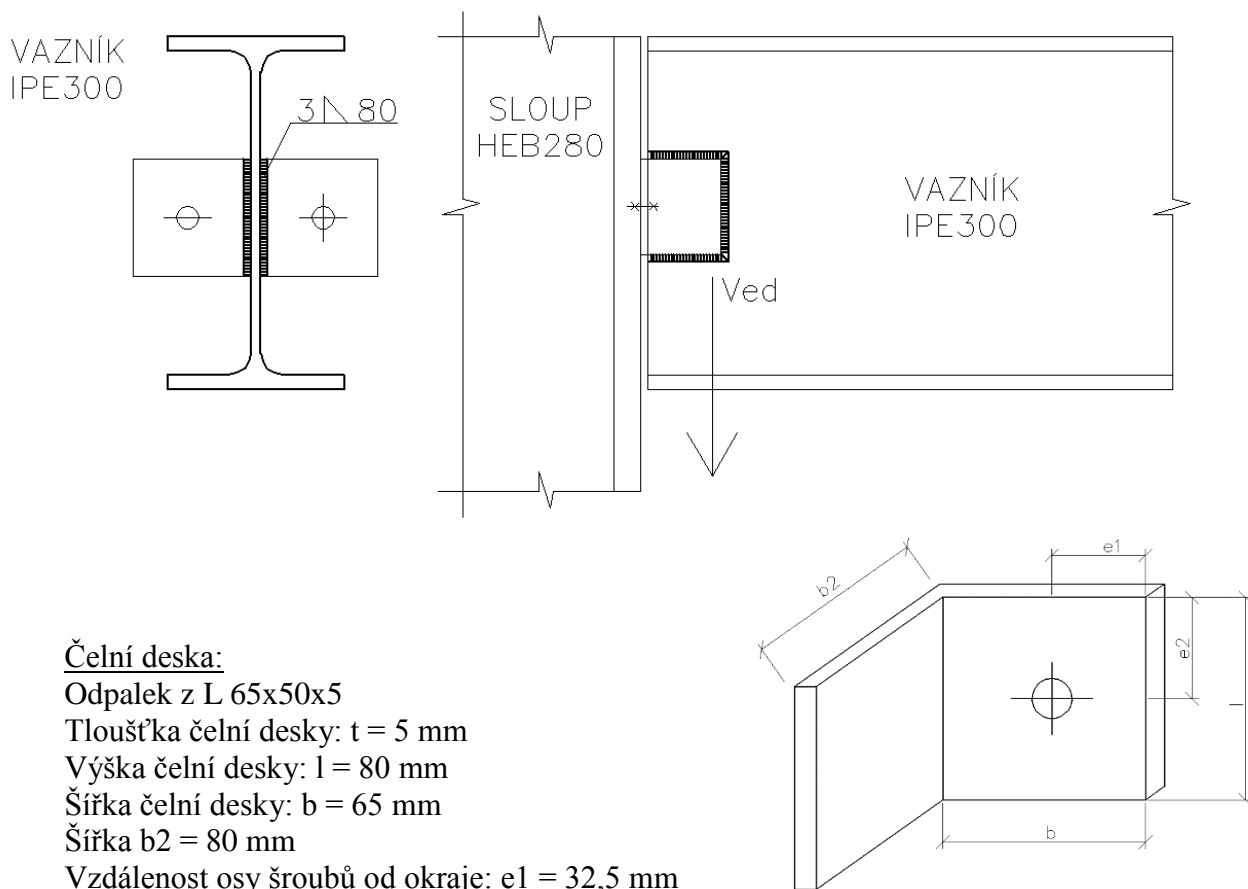
Návrhová stříhová průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_{v,net} \cdot f_y}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{250 \cdot 235}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 27,13 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{8,57}{2} = 4,23 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

17. Přípoj vazníku na sloup

17.1. Geometrie



Čelní deska:

Odpalek z L 65x50x5

Tloušťka čelní desky: $t = 5 \text{ mm}$

Výška čelní desky: $l = 80 \text{ mm}$

Šířka čelní desky: $b = 65 \text{ mm}$

Šířka $b_2 = 80 \text{ mm}$

Vzdálenost osy šroubů od okraje: $e_1 = 32,5 \text{ mm}$

$e_2 = 40 \text{ mm}$

Účinná šířka svaru: $a = 3 \text{ mm}$

17.2. Zatížení

Posouvající síla od vaznice:

$$V_{Ed} = 33,19 \text{ kN}$$

17.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Čelní deska

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

Šrouby:

M16 5.6.

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa} \quad f_u = 360 \text{ MPa} \quad A = 157 \text{ mm}^2 \quad d = 16 \text{ mm} \quad d_0 = 18 \text{ mm}$$

17.4. Posouzení šroubůÚnosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{m2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} \cdot 10^{-3} = 75,36 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{33,19}{75,36} = 0,44 \leq 1,0$$

VYHOVÍÚnosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot A \cdot d \cdot t \cdot n}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 \cdot 0,74 \cdot 360 \cdot 0,016 \cdot 5 \cdot 2}{1,25} = 85,12 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{l}{3 \cdot d_o}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{40}{3 \cdot 18}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = 0,74$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{33,19}{85,12} = 0,39 \leq 1,0$$

VYHOVÍ**17.5. Posouzení svaru**

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

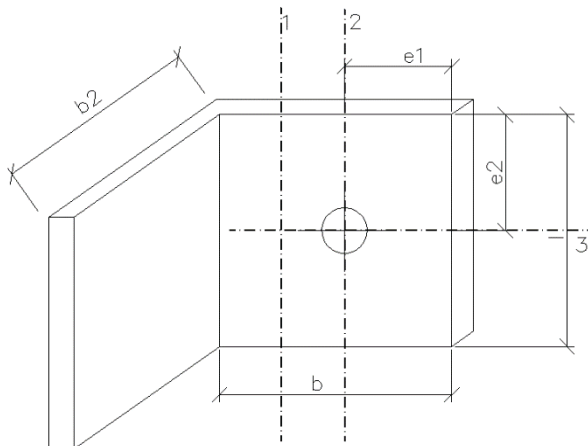
$$\tau_{II} = \frac{\frac{V_{Ed}}{2}}{l \cdot a} = \frac{\frac{33,19}{2}}{80 \cdot 3} = 69,14 \text{ MPa}$$

Posouzení:

 $\beta = 0,9$ součinitel korelace

$$\tau_{II} = 69,14 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 184,75 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

17.6. Posouzení čelní deskyŘez č.1

Návrhová smyková únosnost plného průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{400 \cdot 235}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 43,4 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{33,19}{2} = 16,6 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Smyková plocha:

$$A_v = l \cdot t = 80 \cdot 5 = 400 \text{ mm}^2$$

Řez č.2

Návrhová smyková únosnost oslabeného průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_{v,net} \cdot f_u}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{310 \cdot 360}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 51,54 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{33,19}{2} = 16,6 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Oslabená smyková plocha:

$$A_{v,net} = t \cdot (l - n \cdot d_0) = 5 \cdot (80 - 1 \cdot 18) = 310 \text{ mm}^2$$

$n = 1$ počet děr

Řez č.3

Efektivní smyková plocha:

$$A_{eff} = L_{eff} \cdot t = 62 \cdot 5 = 310 \text{ mm}^2$$

$$L_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} L_v + L_1 + L_2 \\ L_v + a_1 + a_3 \\ (L_v + a_1 + a_3 - n \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 40 + 32,5 \\ 0 + 40 + 40 \\ 0 + 40 + 40 - 1 \cdot 18 \end{array} \right\} \cdot \frac{360}{235}$$

$$L_{eff} = 62 \text{ mm}$$

$$L_2 = (a_2 - k \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} = (25 - 0,5 \cdot 18) \cdot \frac{360}{235} = 24,51$$

$L_v = 0$ osová vzdálenost šroubů

$L_1 = a_1 = a_3 = e_2 = 40 \text{ mm}$ vzdálenost osy otvoru od hran desky

$a_2 = 32,5 \text{ mm}$

$n = 1$ počet děr

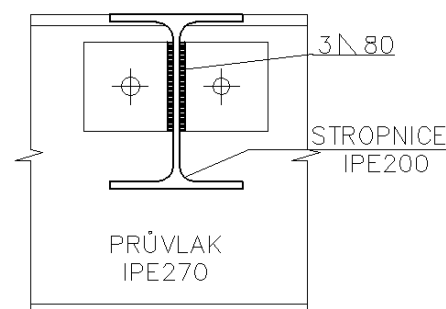
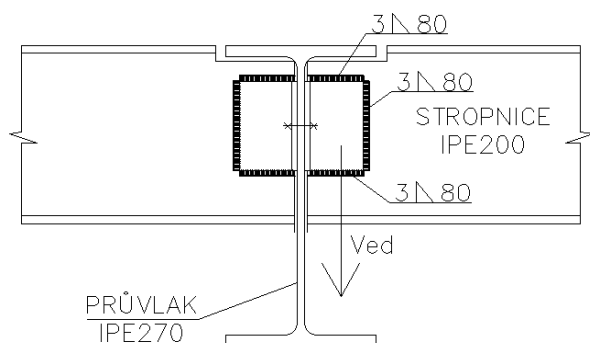
Návrhová stříhová průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_{v,net} \cdot f_y}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{310 \cdot 235}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 33,64 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{33,19}{2} = 16,6 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

18. Přípoj stropnice na průvlak

18.1. Geometrie



Čelní deska:

Upalek z L 50x50x5

Tloušťka čelní desky: $t = 5 \text{ mm}$

Výška čelní desky: $l = 80 \text{ mm}$

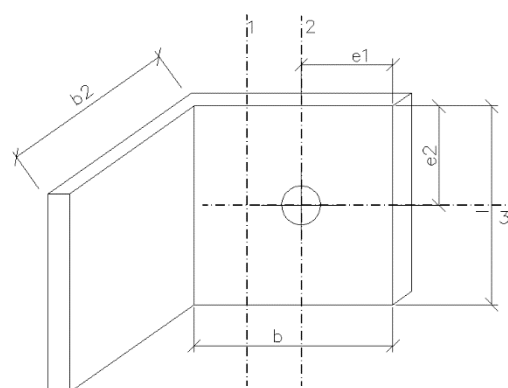
Šířka čelní desky: $b = 50 \text{ mm}$

Šířka $b_2 = 50 \text{ mm}$

Vzdálenost osy šroubů od okraje: $e_2 = 40 \text{ mm}$

$e_2 = 25 \text{ mm}$

Účinná šířka svaru: $a = 3 \text{ mm}$



18.2. Zatížení

Posouvající síla od vaznice:

$$V_{Ed} = 53,21 \text{ kN}$$

18.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Čelní deska

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

Šrouby:

M16 5.6.

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa} \quad f_u = 360 \text{ MPa} \quad A = 157 \text{ mm}^2 \quad d = 16 \text{ mm} \quad d_0 = 18 \text{ mm}$$

18.4. Posouzení šroubů

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{m2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} \cdot 10^{-3} = 75,36 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{53,21}{75,36} = 0,71 \leq 1,0$$

VYHOVÍÚnosnost v otlačení:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t \cdot n}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 \cdot 0,74 \cdot 360 \cdot 0,016 \cdot 5 \cdot 2}{1,25} = 85,12 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{l}{3 \cdot d_o}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{40}{3 \cdot 18}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = 0,74$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{53,21}{85,12} = 0,63 \leq 1,0$$

VYHOVÍ**18.5. Posouzení svaru**

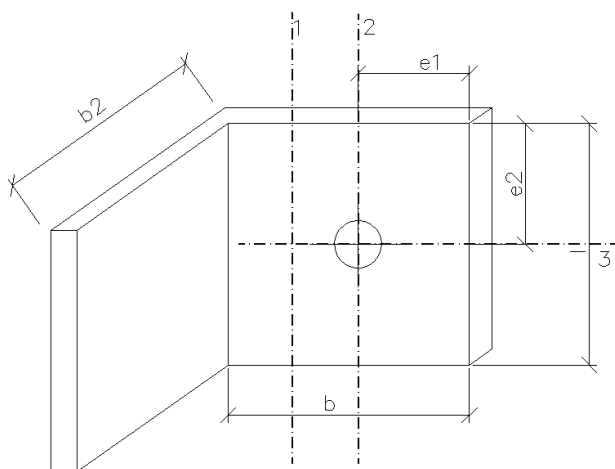
Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{II} = \frac{\frac{V_{Ed}}{2}}{l \cdot a} = \frac{\frac{53,21}{2}}{80 \cdot 3} = 110,85 \text{ MPa}$$

Posouzení:

 $\beta = 0,9$ součinitel korelace

$$\tau_{II} = 110,85 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 184,75 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ**18.6. Posouzení čelní desky**Řez č.1

Návrhová smyková únosnost plného průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{400 \cdot 235}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 43,4 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{53,21}{2} = 26,61 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Smyková plocha:

$$A_v = l \cdot t = 80 \cdot 5 = 400 \text{ mm}^2$$

Řez č.2

Návrhová smyková únosnost oslabeného průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_{v,net} \cdot f_u}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{310 \cdot 360}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 51,54 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{53,21}{2} = 26,61 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Oslabená smyková plocha:

$$A_{v,net} = t \cdot (l - n \cdot d_0) = 5 \cdot (80 - 1 \cdot 18) = 310 \text{ mm}^2$$

$n = 1$ počet děr

Řez č.3

Efektivní smyková plocha:

$$A_{eff} = L_{eff} \cdot t = 62 \cdot 5 = 310 \text{ mm}^2$$

$$L_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} L_v + L_1 + L_2 \\ L_v + a_1 + a_3 \\ (L_v + a_1 + a_3 - n \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 40 + 24,51 \\ 0 + 40 + 40 \\ (0 + 40 + 40 - 1 \cdot 18) \cdot \frac{360}{235} \end{array} \right\}$$

$$L_{eff} = 62 \text{ mm}$$

$$L_2 = (a_2 - k \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} = (25 - 0,5 \cdot 18) \cdot \frac{360}{235} = 24,51 \text{ mm}$$

$L_v = 0$ osová vzdálenost šroubů

$L_1 = a_1 = a_3 = e_2 = 40 \text{ mm}$ vzdálenost osy otvoru od hran desky

$e_1 = a_2 = 25 \text{ mm}$

$n = 1$ počet děr

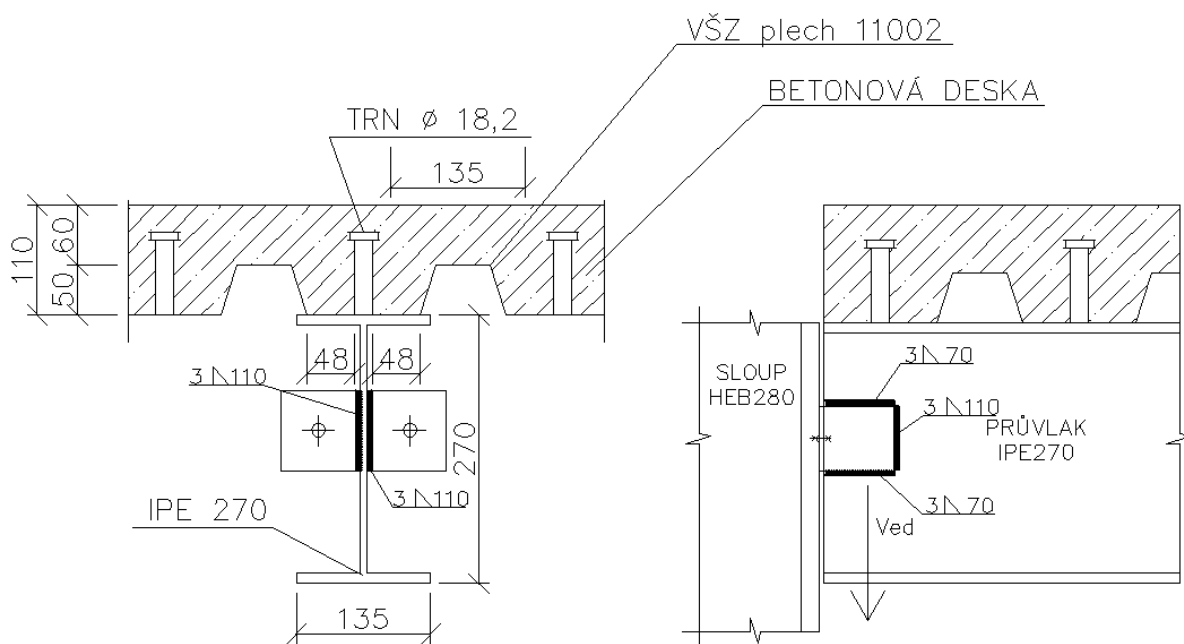
Návrhová střižová průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_{v,net} \cdot f_y}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{310 \cdot 235}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 33,64 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{53,21}{2} = 26,61 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

19. Přípoj průvlaku na sloup

19.1. Geometrie



Čelní deska:

Odpalek z L 60x60x8

Tloušťka čelní desky: $t = 8 \text{ mm}$

Výška čelní desky: $l = 110 \text{ mm}$

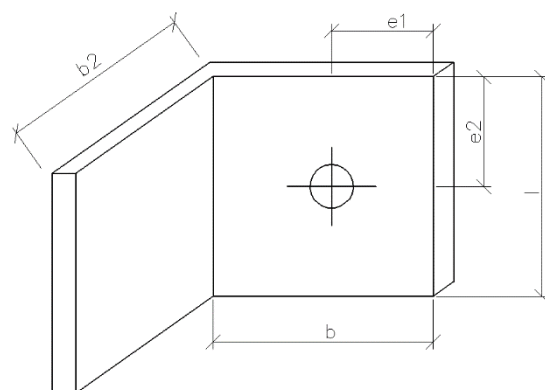
Šířka čelní desky: $b = 60 \text{ mm}$

Šířka $b_2 = 60 \text{ mm}$

Vzdálenost osy šroubů od okraje: $e_2 = 55 \text{ mm}$

$e_1 = 30$

Účinná šířka svaru: $a = 3 \text{ mm}$



19.2. Zatížení

Posouvající síla od vaznice:

$$V_{Ed} = 108,0 \text{ kN}$$

19.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Čelní deska

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

Šrouby:

M20 5.6.

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa} \quad f_u = 360 \text{ MPa} \quad A = 245 \text{ mm}^2 \quad d = 20 \text{ mm} \quad d_0 = 22 \text{ mm}$$

19.4. Posouzení šroubůÚnosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{m2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} \cdot 10^{-3} = 117,6 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{108,0}{117,6} = 0,91 \leq 1,0$$

VYHOVÍÚnosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t \cdot n}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 \cdot 0,68 \cdot 360 \cdot 0,02 \cdot 8 \cdot 2}{1,25} = 156,7 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{l}{3 \cdot d_o}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{45}{3 \cdot 22}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = 0,68$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{108,0}{156,7} = 0,69 \leq 1,0$$

VYHOVÍ**19.5. Posouzení svaru**

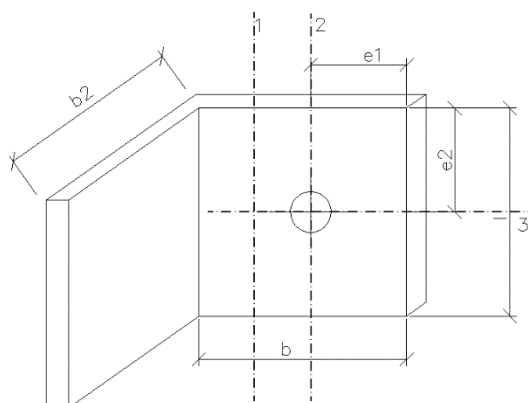
Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{II} = \frac{\frac{V_{Ed}}{2}}{l \cdot a} = \frac{\frac{108}{2}}{110 \cdot 3} = 163,64 \text{ MPa}$$

Posouzení:

 $\beta = 0,9$ součinitel korelace

$$\tau_{II} = 163,64 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 184,75 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

19.6. Posouzení čelní deskyŘez č.1

Návrhová smyková únosnost plného průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{880 \cdot 235}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 86,63 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{108,0}{2} = 54,0 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Smyková plocha:

$$A_v = l \cdot t = 110 \cdot 8 = 880 \text{ mm}^2$$

Řez č.2

Návrhová smyková únosnost oslabeného průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_{v,net} \cdot f_u}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{704 \cdot 360}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 117,06 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{180,0}{2} = 90,0 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Oslabená smyková plocha:

$$A_{v,net} = t \cdot (l - n \cdot d_0) = 8 \cdot (110 - 1 \cdot 22) = 704 \text{ mm}^2$$

 $n = 1$ počet děrŘez č.3

Efektivní smyková plocha:

$$A_{eff} = L_{eff} \cdot t = 74,11 \cdot 8 = 592 \text{ mm}^2$$

$$L_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} L_v + L_1 + L_2 \\ L_v + a_1 + a_3 \\ (L_v + a_1 + a_3 - n \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 45 + 29,11 \\ 0 + 45 + 45 \\ (0 + 45 + 45 - 1 \cdot 22) \cdot \frac{360}{235} \end{array} \right\}$$

$$L_{eff} = 74,11 \text{ mm}$$

$$L_2 = (a_2 - k \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} = (30 - 0,5 \cdot 22) \cdot \frac{360}{235} = 29,11$$

 $L_v = 0$ osová vzdálenost šroubů $L_1 = a_1 = a_3 = e_1 = e_2 = 45 \text{ mm}$ vzdálenost osy otvoru od hran desky $a_2 = e_1 = 30$ $n = 1$ počet děr

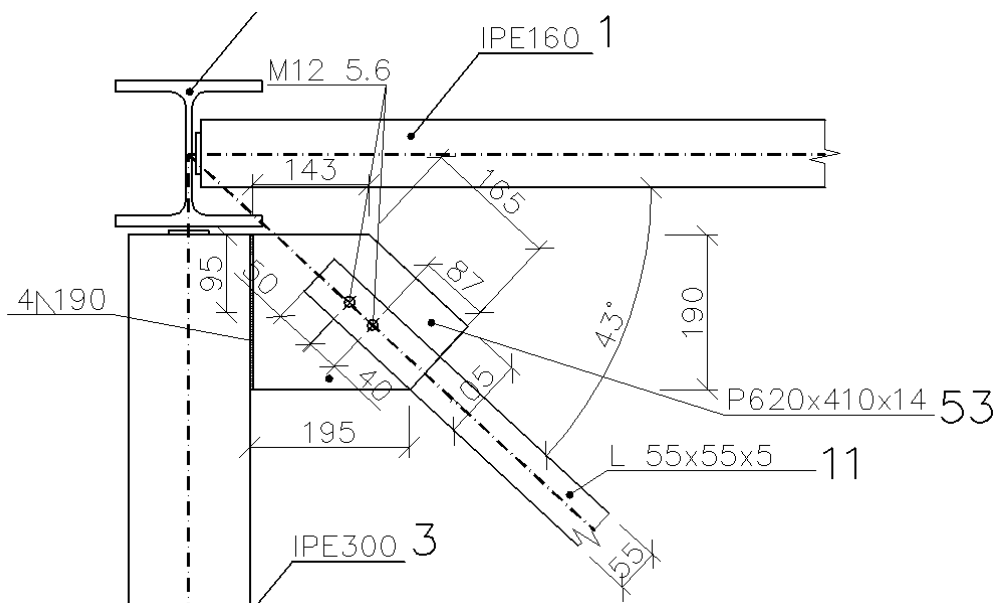
Návrhová střižová průřezu:

$$V_{el,Rd} = \frac{A_{v,net} \cdot f_y}{\gamma_{m2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{592 \cdot 235}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 64,26 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{108,0}{2} = 54,0 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

20. Přípoj diagonály stěnového ztužidla k vazníku

20.1. Geometrie



Styčnicková deska:

Tloušťka čelní desky: $t = 5 \text{ mm}$

Vzdálenost osy šroubů od okraje: $e_2 = 27,5 \text{ mm}$, $e_1 = 40$

Účinná výška svaru: $a = 4 \text{ mm}$

20.2. Zatížení

Normálová síla v táhle:

$$N_{Ed} = 59,63 \text{ kN}$$

Síla na 1 šroub:

$$N_{Ed,1} = \frac{59,63}{2} = 29,82 \text{ kN}$$

20.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Styčnicková deska

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

Šrouby:

M12 5.6.

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa} \quad f_u = 360 \text{ MPa} \quad A = 133 \text{ mm}^2 \quad d = 12 \text{ mm} \quad d_0 = 13 \text{ mm}$$

20.4. Posouzení šroubůÚnosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 500 \cdot 113}{1,25} \cdot 10^{-3} = 54,24 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{29,82}{54,24} = 0,55 \leq 1,0$$

VYHOVÍÚnosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot A \cdot d \cdot t \cdot n}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 360 \cdot 0,012 \cdot 5 \cdot 2}{1,25} = 86,4 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{l}{3 \cdot d_o}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{40}{3 \cdot 13}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = 1,0$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{29,82}{86,4} = 0,35 \leq 1,0$$

VYHOVÍ**20.5. Posouzení svaru**

$$F_{II} = \sin \alpha \cdot N_{Ed} = \cos 43^\circ \cdot 59,63 = 40,66 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{2 \cdot l \cdot a} = \frac{40,66 \cdot 10^3}{2 \cdot 190 \cdot 4} = 26,75 \text{ MPa}$$

$$F_{\perp} = \sin \alpha \cdot N_{Ed} = \sin 43^\circ \cdot 59,63 = 43,61 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{\perp} \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot l \cdot a} + \frac{F_{\perp} \cdot \cos 45^\circ \cdot e}{2 \cdot W_{we}}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{43,61 \cdot 10^3 \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot 190 \cdot 4} + \frac{43,61 \cdot 10^3 \cdot \cos 45^\circ \cdot 95}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 4 \cdot 190^2} = 104,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$$

Posouzení: $\beta = 0,9$ součinitel korelace

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{104,7^2 + 3 \cdot 104,7^2 + 3 \cdot 26,75^2} = 214,46 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,9 \cdot 1,25} = 320 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ**20.6. Vytržení skupiny šroubů**

Vytržení z plechu

oslabená plocha při působení tahu

$$A_{nt} = 5 \cdot (27,5 - 6,5) = 105 \text{ mm}^2$$

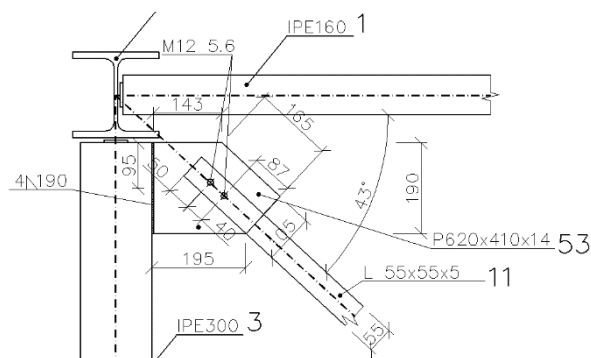
oslabená plocha při působení smyku

$$A_{nv} = 5 \cdot (157,5) = 787,5 \text{ mm}^2$$

Návrhová smyková únosnost plného průřezu:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \geq N_{Ed}$$

$$\frac{105 \cdot 360}{1,25} + \frac{787,5 \cdot 235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 137,01 \text{ kN} \geq 59,63 \text{ kN}$$

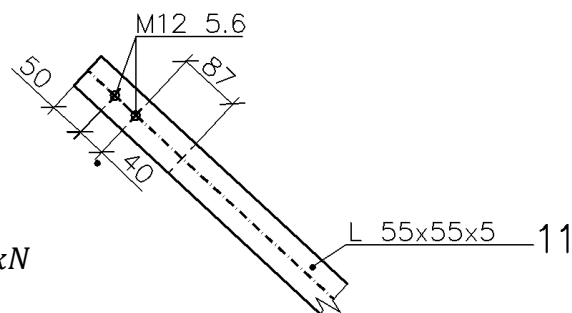
VYHOVÍVytržení z diagonály

$$A_{nt} = 5 \cdot (55 - 6,5) = 243 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 5 \cdot (70,5) = 352,5 \text{ mm}^2$$

Návrhová smyková únosnost plného průřezu:

$$\frac{243 \cdot 360}{1,25} + \frac{352,5 \cdot 235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 117,81 \text{ kN} \geq 59,63 \text{ kN}$$

VYHOVÍ**20.7. Posouzení oslabeného průřezu v tahu**

$$A_{net} = 532 - 65 = 467 \text{ mm}^2$$

Únosnost v tahu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{2 \cdot A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} = \frac{532 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,25} = 100,02 \text{ kN}$$

Posouzení:

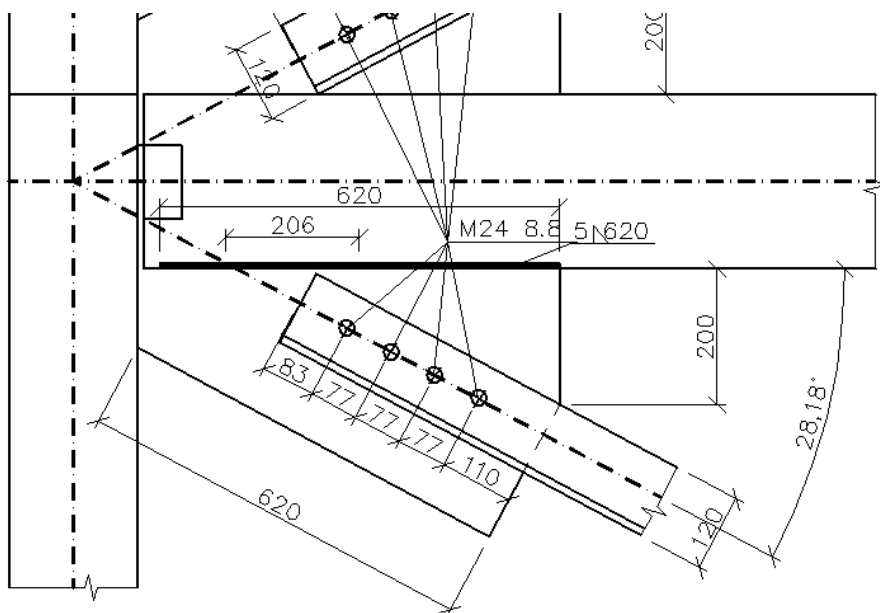
$$N_{pl,Rd} = 100,02 \text{ kN} > N_{Ed} = 59,63 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

Křížení diagonál se nemusí posuzovat šrouby i rozteče jsou stejné jako v přípoji k vazníku, svar je navržen konstrukčně.

21. Přípoj diagonály stěnového ztužidla

21.1. Geometrie



Styčnicková deska:

Tloušťka čelní desky: $t = 12 \text{ mm}$

Vzdálenost osy šroubů od okraje: $e_2 = 60 \text{ mm}$, $e_1 = 77$

Účinná šířka svaru: $a = 5 \text{ mm}$

21.2. Zatížení

Normálová síla v táhle:

$$N_{Ed} = 771,69 \text{ kN}$$

Síla na 1 šroub:

$$N_{Ed,1} = \frac{771,69}{4} = 192,92 \text{ kN}$$

21.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Čelní deska

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

Šrouby:

M24 8.8.

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa} \quad f_u = 360 \text{ MPa} \quad A = 353 \text{ mm}^2 \quad d = 24 \text{ mm} \quad d_0 = 26 \text{ mm}$$

21.4. Posouzení šroubůÚnosnost ve stříhu jednoho šroubu:

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 800 \cdot 353}{1,25} \cdot 10^{-3} = 271,1 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed,1}}{F_{v,Rd}} = \frac{192,92}{271,1} = 0,71 \leq 1,0$$

VYHOVÍÚnosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t \cdot n}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 0,024 \cdot 12 \cdot 2}{1,25} = 414,72 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{l}{3 \cdot d_o}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \left\{ \frac{83}{3 \cdot 26}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = 1,0$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed,1}}{F_{b,Rd}} = \frac{192,92}{414,72} = 0,39 \leq 1,0$$

VYHOVÍ**21.5. Posouzení svaru**

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$F_{II} = \cos \alpha \cdot N_{Ed} = \cos 28,18^\circ \cdot 771,69 = 680,22 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{2 \cdot l \cdot a} = \frac{680,22 \cdot 10^3}{2 \cdot 620 \cdot 5} = 109,7 \text{ MPa}$$

$$F_{\perp} = \sin \alpha \cdot N_{Ed} = \sin 28,18^\circ \cdot 771,69 = 364,48 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{\perp} \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot l \cdot a} + \frac{F_{\perp} \cdot \cos 45^\circ \cdot e}{2 \cdot W_{we}}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{364,48 \cdot 10^3 \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot 620 \cdot 5} + \frac{364,48 \cdot 10^3 \cdot \cos 45^\circ \cdot 206}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 620^2} = 124,44 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$$

Posouzení: $\beta = 0,9$ součinitel korelace

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{124,44^2 + 3 \cdot 124,44^2 + 3 \cdot 109,7^2} = 313,1 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,9 \cdot 1,25} = 320 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

21.6. Vytržení skupiny šroubů

Vytržení z plechu

oslabená plocha při působení tahu

$$A_{nt} = 12 \cdot (180 - 13) = 2004 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení smyku

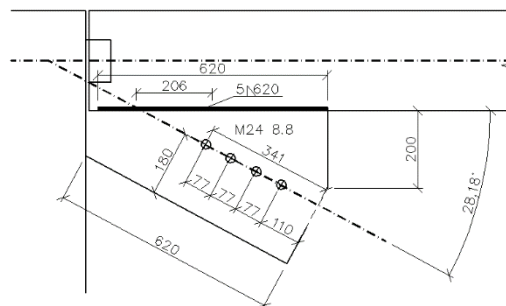
$$A_{nv} = 12 \cdot (341 - 26 \cdot 3 - 13) = 3864 \text{ mm}^2$$

Návrhová smyková únosnost plného průřezu:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \geq N_{Ed}$$

$$\frac{2004 \cdot 360}{1,25} + \frac{3864 \cdot 235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 1101,4 \text{ kN} \geq 771,69 \text{ kN}$$

VYHOVÍ



Vytržení z diagonály

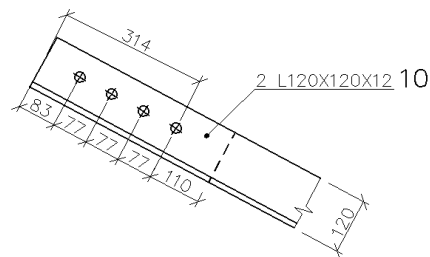
$$A_{nt} = 24 \cdot (60 - 13) = 1128 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 24 \cdot (314 - 26 \cdot 3 - 13) = 5352 \text{ mm}^2$$

Návrhová smyková únosnost plného průřezu:

$$\frac{1128 \cdot 360}{1,25} + \frac{5352 \cdot 235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 1051,00 \text{ kN} \geq 771,69 \text{ kN}$$

VYHOVÍ



21.7. Posouzení oslabeného průřezu v tahu

$$A_{net} = 2754 - 312 = 2442 \text{ mm}^2$$

Únosnost v tahu:

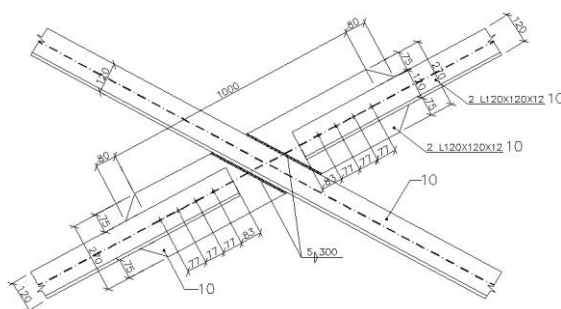
$$N_{pl,Rd} = \frac{2 \cdot A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 2,442 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,25} = 918,19 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$N_{pl,Rd} = 918,19 \text{ kN} > N_{Ed} = 771,69 \text{ kN}$$

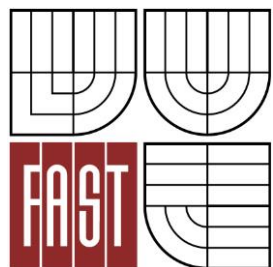
VYHOVÍ

Křížení diagonál se nemusí posuzovat šrouby i rozteče jsou stejné jako v přípoji k průvlaku, svar je navržen konstrukčně.





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

4. ORIENTAČNÍ VÝKAZ SPOTŘEBY MATERIÁLU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ STAVROVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2014

Válcované nosníky								
Položka	Průřez	Hmotnost	Délka	ks/dílec	ks/konstrukce	Celk. dl.	Celková hmotnost	Poznámka
		[kg/m]	[m]			[m]	[kg/m]	
1	IPE 160	15,8	5,2	-	576	2995,2	47324,16	Vaznice 1
2	IPE 300	42,2	6,4	-	32	204,8	8642,56	Vazník 1
3	IPE 300	42,2	5,6	-	64	358,4	15124,48	Vazník 2
4	IPE 200	22,4	5,2	-	1920	9984	223641,6	Stropnice 1
5	IPE 270	36,1	5,6	-	320	1792	64691,2	Průvlak 1
6	IPE 270	36,1	6,4	-	160	1024	36966,4	Průvlak 2
7	HEB 180	51,2	9	-	44	396	20275,2	Sloup 1
8	HEB 200	61,3	9	-	119	1071	65652,3	Sloup 2
9	HEB 240	83,2	9	-	75	675	56160	Sloup 3
10	L 120x120x12	43,24	6,35	2	96	609,6	26359,104	Diagonála ztužidla 1
11	L 55x55x5	4,18	7,4	-	44	325,6	1361,008	Diagonála ztužidla 2
12	L 60X60X8	7,1	0,11	2	960	105,6	749,76	Úhelník přípoje 1
13	L 50X50X5	3,77	0,05	2	576	28,8	108,576	Úhelník přípoje 2
14	L 65X50X5	4,35	0,08	2	2016	161,28	701,568	Úhelník přípoje 3
						Celkem	567 757,92	
						1% na svary	5 677,58	
						Celkem vč. svarů	573 435,50	

Spojovací prostředky							
Položka	Typ	Šířka	Délka	ks/dílec	ks/konstrukce	Celková hmotnost	Poznámka
		[mm]	[mm]			[kg]	
101	šroub M12	12	60	4	2304	150,51	přípoj vaznice
102	matice M12			4	2304	34,56	přípoj vaznice
103	podložka M2			4	2304	14,44	přípoj vaznice
201	šroub M16	16	70	4	1536	268,8	přípoj stropnice
202	matice M16			4	1536	46,08	přípoj stropnice
203	podložka M16			4	1536	23,04	přípoj stropnice
301	šroub M16	16	70	4	384	76,8	přípoj vazník
302	matice M16			4	384	11,52	přípoj vazník
303	podložka M16			4	384	11,52	přípoj vazník
401	šroub M20	20	70	4	384	75,3	přípoj průvlak
402	matice M20			4	384	19,2	přípoj průvlak
403	podložka M20			2	384	11,52	přípoj průvlak
501	šroub M24	24	70	4	576	174,72	přípoj ztužidlo 1
502	matice M24			4	576	29,95	přípoj ztužidlo 1
503	podložka M24			4	576	17,28	přípoj ztužidlo 1
601	šroub M12	16	70	4	1056	184,8	přípoj ztužidlo 2
602	matice M12			4	1056	31,68	přípoj ztužidlo 2
603	podložka M12			4	1056	15,84	přípoj ztužidlo 2
701	šroub M20	20	400	2	238	266,56	kotevní šroub
702	matice M20			2	238	11,9	kotevní šroub
703	podložka M20			2	238	7,14	kotevní šroub
1111	zpráhovací trn	18,2	88	-	73920	13305,6	spřáhovací trn
					Celkem	14 788,76	

Trapézové plechy					
Položka	Průřez	Hmotnost	Plocha	Celková hmotnost	Poznámka
		[kg/m ²]	[m]	[kg]	
1	VSŽ 12 003	15,49	2929	45370,21	Vaznice 1
2	VSŽ 11 002	10,3	14645	150843,5	Vaznice 2
3	TR 85/280 tl.1,0	10,7	2132	22812,4	Opláštění
			Celkem	219 026,11	

Plech								
Položka	Průřez	Tloušťka	Šířka	Délka	ks/dílec	ks/konstrukce	Celková hmotnost	Poznámka
		[mm]	[mm]	[mm]			[kg/m]	
50	P14x415-645	14	415	645	-	192	5648,3	přípoj ztužidla
51	P360X360-20	360	360	20	-	119	2421,3	patní plech
52	P12x270-600	12	270	600	-	24	366,24	přípoj ztužidla
53	P5x190-268	5	190	268	-	176	351,75	přípoj ztužidla
Celkem							8 787,59	

Celková hmotnost	kg
Hmotnost bez trapézových plechů:	597 011,85
Hmotnost včetně trapézových plechů:	816 037,96